



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑤① Int. Cl.⁶:
B 60 T 8/00

⑧⑦ EP 0 658 462 B1

⑩ DE 694 05 523 T 2

②① Deutsches Aktenzeichen:	694 05 523.9
⑧⑥ Europäisches Aktenzeichen:	94 119 961.4
⑧⑥ Europäischer Anmeldetag:	16. 12. 94
⑧⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA:	21. 6. 95
⑧⑦ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	10. 9. 97
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt:	26. 2. 98

DE 694 05 523 T 2

③⑩ Unionspriorität:

318655/93 17.12.93 JP

⑦③ Patentinhaber:

Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

⑦④ Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

⑦② Erfinder:

Monzaki, Shirou, c/o Toyota Jidosha K.K.,
Toyota-shi, Aichi-ken, JP

⑤④ Anti-Blockier Regler

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 694 05 523 T 2

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Fachgebiet der Erfindung:

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung und insbesondere eine Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung zur Verbesserung der Sicherheit eines Fahrzeuges, indem verhindert wird, daß ein Rad blockiert, wenn die Bremsen des Fahrzeuges betätigt werden.

Beschreibung des Standes der Technik:

Wenn ein Bremspedal oder dergleichen während der Fahrt des Fahrzeuges betätigt wird, dann wird das Bremsmoment einer Größe, die dem Ausmaß entspricht, in dem das Pedal oder dergleichen betätigt wird, auf die Räder des Fahrzeuges durch eine Bremseinrichtung, wie etwa eine hydraulische Bremseinrichtung, ausgeübt. Die Geschwindigkeit des Rades (die Drehzahl des Rades) wird kleiner als die Fahrzeug-Geschwindigkeit zufolge dieses Bremsmoments (sie unterliegt dem sogenannten Schlupf), so daß eine Gleitreibung zwischen dem Rad und der Straßenoberfläche auftritt. Diese Gleitreibung dient als eine Bremskraft, und das Fahrzeug wird auf diese Weise verzögert oder zum Stillstand gebracht. Die Schlupf-Rate, die den Grad des Schlupfes darstellt, wird durch die folgende Formel (1) definiert, falls angenommen wird, daß eine Fahrzeug-Geschwindigkeit V_{GS} ist, und daß eine Rad-Geschwindigkeit V_W ist:

$$\text{Schlupfrate } S = \frac{V_{GS} - V_W}{V_{GS}} \times 100 \quad (\%) \quad \dots\dots (1)$$

Die Bremskraft hängt von einem Koeffizienten der Bremsreibung μ ab (in der Folge einfach als " μ " bezeichnet), der zwischen dem Rad und der Straßenoberfläche wirkt, und μ ändert sich in Übereinstimmung mit der Schlupf-Rate S . Auf

trockenen Asphalt ändert sich μ beispielsweise proportional zu der Schlupf-Rate S , wenn die Schlupf-Rate niedrig ist, wie dies in der Fig. 1A gezeigt ist, und μ erreicht einen Spitzenwert (die Bremskraft erreicht ebenfalls einen Spitzenwert), wenn die Schlupf-Rate S auf einem vorbestimmten Wert ist (allgemein 8 bis 30% oder dergleichen; S_R in der Fig. 1A gezeigt). Wenn ein noch größeres Bremsmoment ausgeübt wird, und die Schlupf-Rate S den vorbestimmten Wert S_R übersteigt, dann nimmt μ ab (und die Bremskraft nimmt ebenfalls dementsprechend ab). Mit einer Abnahme von μ nimmt die Bremskraft ab, was zu einer Verlängerung des Bremsweges führt, zu einer wesentlichen Verringerung der Seitenführungskraft des Reifens zufolge der Schlupf-Rate und dergleichen. Daher nimmt die Stabilität des Fahrzeuges ab. Wenn dann ein höheres Bremsmoment ausgeübt wird, dann blockiert das Rad (Schlupf-Rate $S = 1$), was zu einem Verlust der Richtungsstabilität und der Lenkbarkeit des Fahrzeuges führt.

Um zu verhindern, daß das Rad blockiert, während das Fahrzeug gebremst und auf einem kurzen Bremsweg zum Stillstand gebracht wird, wurden bisher Anti-Blockier-Steuerungseinrichtungen, d.h. Anti-Blockier-Brems-Systeme verschiedener Art entworfen. Beispielsweise wurde eine Anti-Blockier-Steuerungseinrichtung vorgeschlagen, bei der eine Schlupf-Rate, bei der μ einen Spitzenwert erreicht, im voraus als eine Soll-Schlupf-Rate festgelegt wird, eine Soll-Rad-Geschwindigkeit auf der Basis einer angenommenen Fahrzeug-Geschwindigkeit, die aufgrund der Rad-Geschwindigkeit und der Soll-Schlupf-Rate geschätzt wird, berechnet wird und das Bremsmoment derart gesteuert wird, daß die Rad-Geschwindigkeit die Soll-Rad-Geschwindigkeit wird. Da jedoch die Schlupf-Rate, bei der μ einen Spitzenwert erreicht, in Abhängigkeit vom Zustand der Straßenoberfläche und dergleichen sogar dann variiert, wenn das Bremsmoment auf der Basis der Schlupf-Rate, die, wie oben beschrieben, festgelegt wird, gesteuert wird, bedeutet das nicht unbedingt, daß immer eine optimale Bremslage bei unterschiedlichen Zuständen der Straßenoberfläche erreicht werden kann.

Außerdem offenbart die japanische Patent-
Offenlegungsschrift Nr. 56-53943 (Familienmitglied: GB-A-2 061

435) ein Verfahren, bei dem der Spitzenwert von μ auf der Grundlage einer Änderung der Rad-Geschwindigkeit während der Steuerung des Bremsmoments in vorbestimmten Zeitspannen während des Bremsens des Fahrzeuges ermittelt wird, eine Tendenz zur Änderung der Soll-Rad-Geschwindigkeit aufgrund der jeweiligen Rad-Geschwindigkeiten V_{w1} und V_{w2} zu einem Zeitpunkt festgestellt wird, zu dem zwei Spitzenwerte von μ ermittelt wurden, und die Soll-Rad-Geschwindigkeit während einer darauffolgenden Steuerungs-Periode durch Extrapolation auf der Grundlage dieser Tendenz ermittelt wird.

Die Rad-Geschwindigkeiten V_{w1} und V_{w2} beinhalten allerdings Erfassungsfehler, und diese Fehler werden größer, wenn das Zeitintervall zur Ermittlung der Rad-Geschwindigkeiten V_{w1} und V_{w2} größer wird. Um die Auswirkung der Fehler zu verringern, ist es daher erforderlich, die Steuerungs-Periode zu verkürzen und die Häufigkeit der Ermittlung der Spitzenwerte von μ zu erhöhen. Außerdem ist in der oben beschriebenen Publikation festgehalten, daß das Rad innerhalb einer kurzer Steuerungs-Periode einer Brems-Steuerung unterworfen ist, wobei zu diesem Zeitpunkt die Rad-Beschleunigung, die Rad-Last und das Bremsmoment ermittelt werden und eine Bewegungsgleichung wird gelöst, so daß ein Spitzenwert von μ ermittelt werden kann. Aber mit dem oben beschriebenen Verfahren, den Spitzenwert von μ zu ermitteln, kann der Spitzenwert von μ nicht ermittelt werden, ohne daß die Größe des Bremsmoments in bezug auf den Spitzenwert von μ in einer Art und Weise geändert wird, daß sich μ in einem gewissen Ausmaß ändert, wie aus Fig. 5 ersichtlich ist. Dementsprechend hat es insofern ein Problem gegeben, als sich die Bremswirksamkeit bei der Ermittlung des Spitzenwertes von μ verschlechtert.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung ist im Hinblick auf die oben beschriebenen Gegebenheiten entworfen worden, und es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung zur Verfügung zu stellen, die dazu geeignet ist, zu verhindern, daß ein Rad blockiert, ohne die Bremswirkung zu beeinträchtigen.

Um die obige Aufgabe zu erfüllen, ist in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung eine Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung vorgesehen, aufweisend einen Sensor zur Erfassung der Fahrzeug-Geschwindigkeit, umfassend einen Sensor zur Erfassung der Rad-Geschwindigkeit vorab, ein Berechnungs-Mittel zur Berechnung einer Schlupf-Rate, die zu einem Zeitpunkt vorliegt, wenn eine Verzögerung des Rades, die auf der Basis der Rad-Geschwindigkeit bestimmt worden ist, größer oder gleich als ein vorbestimmter Wert geworden ist, der auf der Basis einer Fahrzeug-Verzögerung eingestellt worden ist, sowie ein Steuerungs-Mittel zur Steuerung einer Bremskraft, so daß die Rad-Geschwindigkeit gleich einer berechneten Soll-Rad-Geschwindigkeit wird, dadurch gekennzeichnet, daß er ein zweites Berechnungs-Mittel zur Berechnung eines Ausmaßes der Verschiebung umfaßt, das eine Verschiebung zwischen der Schlupf-Rate, die durch das erste Berechnungs-Mittel berechnet worden ist, und einer Soll-Schlupf-Rate darstellt, und zwar auf der Basis von der Rad-Verzögerung und/oder der Fahrzeug-Verzögerung, sowie ein drittes Berechnungs-Mittel zur Berechnung der Rad-Geschwindigkeit bei der Soll-Schlupf-Rate als der Soll-Rad-Geschwindigkeit auf der Basis der Schlupf-Rate, die durch das erste Berechnungs-Mittel berechnet worden ist, des Ausmaßes der Verschiebung, die durch das zweite Berechnungs-Mittel berechnet worden ist, und einer Fahrzeug-Geschwindigkeit.

Bei der vorliegenden Erfindung berechnet das zweite Berechnungs-Mittel bevorzugt das Ausmaß der Verschiebung auf der Grundlage einer Größe der Rad-Beschleunigung, die während einer Zeitspanne besteht, ab der die Rad-Verzögerung zu dem vorbestimmten Wert wurde, der in Übereinstimmung mit der Fahrzeug-Verzögerung festgesetzt wurde.

Vorzugsweise beinhaltet die Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung weiters: Bestimmungs-Mittel zur Feststellung, ob bei der Rad-Beschleunigung eine Vibrationsveränderung aufgetreten ist; und Schlupf-Raten-Berechnungs-Mittel zur Berechnung der Schlupf-Rate, die bei der maximalen Rad-Beschleunigung besteht, wobei das dritte Berechnungs-Mittel die Soll-Rad-Geschwindigkeit berechnet, indem es als Soll-Schlupf-Rate die vom Schlupf-Raten-Berechnungs-Mittel berechnete

Schlupf-Rate festsetzt, wenn von dem Bestimmungs-Mitteln festgestellt wird, daß die Vibrationsveränderung bei der Rad-Beschleunigung aufgetreten ist.

Vorzugsweise umfaßt die Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung weiters: ein erstes Korrektur-Mittel, um auf der Basis einer Größe der Fahrzeug-Verzögerung das Ausmaß der Verschiebung zu korrigieren, die während einer vorbestimmten Zeitspanne besteht, während das Steuerungs-Mittel die Bremskraft reduziert, wobei das dritte Berechnungs-Mittel die Rad-Geschwindigkeit bei der Soll-Schlupf-Rate berechnet, und zwar auf der Basis der vom ersten Berechnungs-Mittel berechneten Schlupf-Rate, des korrigierten Ausmaßes der Verschiebung und der Fahrzeug-Geschwindigkeit.

Vorzugsweise umfaßt die Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung weiters: ein zweites Korrektur-Mittel zum Korrigieren des Ausmaßes der Verschiebung in der Art und Weise, daß sich das Ausmaß der Verschiebung erhöht, wenn die Rad-Beschleunigung, die nach Ablauf einer vorbestimmten Zeit ab dem Zeitpunkt, zu dem eine Erhöhung der Bremskraft durch das Steuerungs-Mittel ausgelöst wird, besteht, größer oder gleich groß ist wie ein vorbestimmter Wert, wobei das dritte Berechnungs-Mittel die Rad-Geschwindigkeit bei der Soll-Schlupf-Rate berechnet, und zwar auf der Basis der Schlupf-Rate, die von den ersten Berechnungs-Mitteln berechnet wurde, des korrigierten Ausmaßes der Verschiebung und der Fahrzeug-Geschwindigkeit.

Vorzugsweise wird eine Anordnung derart vorgesehen, daß eine Brems-Vorrichtung durch den Druck des Fluids eine Bremskraft auf das Rad ausübt und ein Steuerungs-Mittel das elektromagnetische Ventil ein- und ausschaltet, die Bremskraft durch Änderung des Flüssigkeits-Drucks zufolge der Änderung einer Einschaltdauer des Ein-/Aus-Betriebes steuert und, wenn es nicht nötig ist, die Bremskraft bei hoher Geschwindigkeit zu verändern, wenn der Druck der Flüssigkeit erhöht oder reduziert werden muß, das elektromagnetische Ventil ein- oder ausschaltet, und zwar nach einem Schaltschema, das mit „aus“ beginnt.

Die Beziehung zwischen der Schlupf-Rate S einerseits und dem Koeffizienten der Bremsreibung μ zwischen dem Rad und

der Straßenoberfläche (im folgenden als μ -S-Kennlinie bezeichnet) andererseits verändert sich entsprechend dem Zustand der Straßenoberfläche. Die μ -S-Kennlinie ist allerdings bei einem bestimmten Zustand der Straßenoberfläche (z.B. trockener Asphalt oder dergleichen) im wesentlichen stabil. Wenn außerdem angenommen wird, daß die Trägheit des Rades I ist, die Winkelbeschleunigung bei der Umdrehung des Rades ω' ist ($'$ steht für die Ableitung nach der Zeit), die Rad-Last W ist, der Radius des Rades R ist und die Bremskraft T_B ist, kann der Antriebs-Ausgleich zu dem Zeitpunkt, zu dem eine Bremskraft auf das Rad ausgeübt wird, mit der folgenden Formel (2) ausgedrückt werden:

$$I \cdot \omega' = W \cdot \mu \cdot R - T_B \quad \dots\dots (2)$$

In der oben angeführten Formel (2) beschreibt der erste Ausdruck auf der rechten Seite ein Straßenoberflächen-reaktives Drehmoment T_s . Da der Radius des Rades R fix ist, wenn man davon ausgeht, daß die Rad-Last W fix ist, verändert sich das Straßenoberflächen-reaktive Drehmoment T_s im Verhältnis zu μ in bezug auf die Veränderung der Schlupf-Rate, wie in der Fig. 1B gezeigt wird, und an einem Punkt nahe dem Spitzenwert von μ wird der Gradient der Zunahme in bezug auf die Zunahme der Schlupf-Rate allmählich flach (dieser Punkt wird als Krümmungspunkt bezeichnet). Unterdessen verändert sich der Gradient des Bremsmoments auch nahe dem Krümmungspunkt nicht wesentlich. Die Winkel-Beschleunigung des Rades ω' entspricht der Differenz zwischen dem Straßenoberflächen-reaktiven Drehmoment T_s und dem Bremsmoment T_B , wie in Formel (2) gezeigt wird, und ihr Wert sinkt abrupt ab (erhöht sich in der umgekehrten Richtung (Verzögerungs-Richtung), wenn sich die Schlupf-Rate beim Überschreiten des Krümmungspunktes erhöht. Da sich die Rad-Geschwindigkeit V_w derart verhält, daß $V_w = R \cdot \omega$, verhält sich die Rad-Beschleunigung G_w , die eine Größe der Veränderung einer Zeiteinheit der Rad-Geschwindigkeit darstellt, derart, daß $G_w = R \cdot \omega'$, und G_w verändert sich ebenfalls in der gleichen Weise wie ω' . Wenn außerdem angenommen wird, daß die Differenz zwischen den Schlupf-Raten der einzelnen Räder des Fahrzeuges klein ist, kann die

Fahrzeug-Verzögerung im wesentlichen als proportional zu dem Straßenoberflächen-reaktiven Drehmoment angenommen werden.

Auf der Basis der oben beschriebenen Fakten wird in der vorliegenden Erfindung die Schlupf-Rate zu einem Zeitpunkt, zu dem die Rad-Verzögerung größer als oder gleich groß wie ein vorbestimmter Wert auf der Grundlage der Fahrzeug-Verzögerung geworden ist, von dem ersten Berechnungs-Mittel berechnet. Die von dem ersten Berechnungs-Mittel berechnete Schlupf-Rate entspricht nicht unbedingt der Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht. Da jedoch der vorbestimmte Wert auf der Grundlage der Fahrzeug-Verzögerung festgesetzt ist, wird die von dem ersten Berechnungs-Mittel berechnete Schlupf-Rate zu einem im wesentlichen stabilen Wert, wenn der Zustand der Straßenoberfläche derselbe ist. Daher ist es durch diese Berechnung möglich, die Schlupf-Rate nahe dem Krümmungspunkt, wo die Fahrzeug-Verzögerung plötzlich zunimmt, zu erhalten (z.B., wenn der vorbestimmte Wert G_K ist, dargestellt in der Fig. 1B, erhält man eine Schlupf-Rate S_P). Darüber hinaus wird die Differenz (ein Ausmaß der Verschiebung S_{C1} in der Fig. 1B) zwischen der Schlupf-Rate, die von dem ersten Berechnungs-Mittel berechnet wurde, und der Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, ebenfalls ein im wesentlicher stabiler Wert, wenn der Zustand der Straßenoberfläche derselbe ist.

Aus diesem Grund berechnet das zweite Berechnungs-Mittel ein Ausmaß der Verschiebung zwischen der Schlupf-Rate, die durch das erste Berechnungs-Mittel berechnet wurde und der Soll-Schlupf-Rate (eine Schlupf-Rate, bei der der Reibungskoeffizient μ zwischen der Straßenoberfläche und dem Rad einen Maximalwert erreicht), und zwar auf der Basis entweder der Fahrzeug-Verzögerung oder der Rad-Verzögerung, die sich entsprechend dem Zustand der Straßenoberfläche verändern. Daraus folgt, daß die Schlupf-Rate (d.h., eine Soll-Schlupf-Rate; die Schlupf-Rate S_R in der Fig. 1B), in der das Ausmaß der Verschiebung, das von dem zweiten Berechnungs-Mittel berechnet wurde, zu der Schlupf-Rate, die von dem ersten Berechnungs-Mittel berechnet wurde, als eine Soll-Schlupf-Rate (z.B. eine Schlupf-Rate S_0 , bei der μ einen Maximalwert erreicht, in der Fig. 1A) betrachtet werden kann.

Dementsprechend ist das dritte Berechnungs-Mittel in der Lage, die Soll-Rad-Geschwindigkeit als Rad-Geschwindigkeit bei der Soll-Schlupf-Rate auf der Basis der Schlupf-Rate, die von dem ersten Berechnungs-Mittel berechnet wurde und dem Ausmaß der Verschiebung, das von dem zweiten Berechnungs-Mittel berechnet wurde, sowie der Fahrzeug-Geschwindigkeit zu berechnen. Da das Steuerungs-Mittel die Bremskraft der Brems-Vorrichtung in einer Weise steuert, daß die Rad-Geschwindigkeit gleich der berechneten Soll-Rad-Geschwindigkeit wird, ist ein optimales Bremsen derart möglich, daß μ in der Nähe eines maximalen Punktes liegt und daß das Blockieren des Rades verhindert wird.

Daher wird in der vorliegenden Erfindung der Spitzenwert von μ nicht ermittelt, indem die Schlupf-Rate in bezug auf eine Schlupf-Rate, bei der μ einen Spitzenwert erreicht, verändert wird, wie dies bei der konventionellen Methode der Fall ist, sondern es wird eine Soll-Schlupf-Rate (z.B. eine Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht) geschätzt, bevor μ den Maximalwert erreicht, und die Steuerung wird derart durchgeführt, daß eine aktuelle Schlupf-Rate gleich der Soll-Schlupf-Rate wird. Auf diese Weise wird die Brems-Leistung der Brems-Vorrichtung bei der Ermittlung des Spitzenwertes von μ nicht beeinträchtigt.

Der Genauigkeit halber muß festgehalten werden, daß die Winkel-Beschleunigung des Rades ω' in der Formel (2) oben eine relative Beschleunigung (Beschleunigungsdifferenz) in bezug auf die Fahrzeug-Beschleunigung ist und daß die Rad-Beschleunigung, die tatsächlich durch einen Sensor oder dergleichen ermittelt wird, eine solche ist, bei der weiters eine Fahrzeug-Beschleunigung G_G von der Beschleunigungsdifferenz subtrahiert wird (um diese ermittelte Rad-Beschleunigung von V_W zu unterscheiden, wird sie in der Folge mit G_W bezeichnet). Die Masse M des Fahrzeuges ist sehr groß im Vergleich zu der Trägheit I des Rades, und wenn man von einer sehr kurzen Zeitspanne ausgeht, kann die Fahrzeug-Beschleunigung als im wesentlichen fix in bezug auf die Rad-Beschleunigung angesehen werden. Dementsprechend kann entweder ω' oder G_W als die Rad-Beschleunigung bei der Durchführung der Berechnungen, die sich auf die vorliegende Erfindung beziehen, verwendet werden.

Die Berechnung des Ausmaßes der Verschiebung durch das zweite Berechnungs-Mittel wird vorzugsweise auf der Grundlage z.B. der Größe der Rad-Beschleunigung durchgeführt, die während einer Zeitspanne ab dem Zeitpunkt besteht, zu dem die Rad-Verzögerung der vorbestimmte Wert wurde, der entsprechend der Fahrzeug-Verzögerung festgelegt wurde. Genau kann das Ausmaß der Verschiebung auf der Grundlage des absoluten Wertes der Rad-Beschleunigung während dieser Zeitspanne oder aus der Differenz der Rad-Verzögerung und der Fahrzeug-Verzögerung berechnet werden. Die Art und Weise, in der sich die Rad-Beschleunigung verändert, wenn die Bremskraft durch Überschreiten des vorher erwähnten Krümmungspunktes verstärkt wird, ist abhängig vom Zustand der Straßenoberfläche einschließlich μ . Dementsprechend kann sich die Differenz des Profils der μ -S-Kennlinie, die der Differenz des Zustands der Straßenoberfläche zugeschrieben werden kann, im Ausmaß der Verschiebung widerspiegeln, indem das Ausmaß der Verschiebung wie oben beschrieben berechnet wird. Daher wird die Genauigkeit des Ausmaßes der Verschiebung, das von dem zweiten Berechnungs-Mittel berechnet wurde, größer, mit dem Ergebnis, daß auch die Genauigkeit der Soll-Schlupf-Rate in bezug auf die Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, zunimmt. So wird es möglich, einen geeigneteren Brems-Vorgang entsprechend dem Zustand der Straßenoberfläche vorzusehen.

Es ist bekannt, daß es bei Anti-Blockier-Steuerungen Fälle gibt, in denen eine Vibrations-Veränderung (die sogenannten Vibrationen des Rades) bei der Rad-Beschleunigung auftritt (siehe Fig. 2B), wenn zum Beispiel eine Situation erfaßt wird, in der das Rad dazu tendiert, plötzlich zu blockieren und die Bremskraft plötzlich reduziert wird, um das Blockieren zu verhindern. Wenn solche Vibrationen des Rades aufgetreten sind, wird die Rad-Beschleunigung vorübergehend geringer als oder gleich hoch wie ein vorbestimmter Wert in der Verzögerungs-Richtung, d.h., die Rad-Verzögerung wird größer als oder gleich hoch wie der vorbestimmte Wert (z.B. Punkt P_1 in der Fig. 2B), so daß eine neue Schlupf-Rate von dem ersten Berechnungs-Mittel berechnet wird. Folglich gibt es Fälle, in denen ein ungeeigneter Wert als Soll-Schlupf-Rate festgesetzt wird. Wenn ein ungeeigneter Wert als Soll-Schlupf-Rate

festgesetzt wird, wird die Bremskraft auf der Grundlage einer ungeeigneten Schlupf-Rate gesteuert und beeinträchtigt dadurch die Bremsleistung.

Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, weiters das Bestimmungs-Mittel vorzusehen, um festzustellen, ob eine Vibrations-Veränderung bei der Rad-Beschleunigung aufgetreten ist, sowie Schlupf-Raten-Berechnungs-Mittel vorzusehen zur Berechnung der Schlupf-Rate, die besteht, wenn die Rad-Beschleunigung einen Maximalwert erreicht hat, und das dritte Berechnungs-Mittel die Soll-Rad-Geschwindigkeit errechnen zu lassen, indem es als die Soll-Schlupf-Rate die Schlupf-Rate, die von dem Schlupf-Raten-Berechnungs-Mittel berechnet wurde, festsetzt, wenn von dem Bestimmungs-Mittel festgestellt wurde, daß die Vibrations-Veränderung bei der Rad-Beschleunigung aufgetreten ist.

Wenn die Vibrationen des Rades beim Reduzieren der Bremskraft aufgetreten sind, bewegt sich das Straßenoberflächen-reaktive Drehmoment T_s , das in der Position von Punkt A in der Fig. 2C war, bevor die Bremskraft reduziert wurde (Bremsmoment), über den Punkt B, bei dem μ einen Maximalwert erreicht, zum Punkt C (Nähe des Krümmungspunktes) hinauf, bei dem es mit dem reduzierten Bremsmoment im Gleichgewicht ist. Wie vorher beschrieben, erreicht das Straßenoberflächen-reaktive Drehmoment T_s am Punkt B, bei dem μ ein Maximum erreicht, einen Maximalwert, wenn die Rad-Last W und der Rad-Radius R als stabil angenommen werden, so daß die Rad-Beschleunigung ω' (G_w) ebenfalls einen Maximalwert in der positiven Richtung beim Punkt B in Übereinstimmung mit der Formel (2) annimmt. Da die Schlupf-Rate zu einem Zeitpunkt, zu dem die Rad-Beschleunigung einen Maximalwert erreicht hat, d.h., als μ einen Maximalwert erreicht hat (Punkt P_2 in der Fig. 2B), von dem Schlupf-Raten-Berechnungs-Mittel berechnet wird, ist es daher auch dann, wenn die Vibrationen des Rades aufgetreten sind, möglich, als eine Soll-Schlupf-Rate die Schlupf-Rate zu erhalten, bei der μ einen Maximalwert erreicht. Somit ist es möglich, die Beeinträchtigung der Bremsleistung zu verhindern.

Sogar dann, wenn die oben beschriebene Steuerung durchgeführt wird, gibt es Fälle, in denen sich die optimale

Schlupf-Rate für den Brems-Vorgang, bei welcher μ einen Maximalwert erreicht, verändert, wenn sich die Straßenoberfläche verändert, was zu dem Ergebnis führt, daß eine große Differenz bei der Soll-Schlupf-Rate in bezug auf die optimale Schlupf-Rate entsteht. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, weiters das erste Korrektur-Mittel zum Korrigieren des Ausmaßes der Verschiebung auf der Basis der Größe der Fahrzeug-Verzögerung, die während einer vorbestimmten Zeitspanne besteht, während das Steuerungs-Mittel die Bremskraft reduziert, vorzusehen, und es ist weiters vorteilhaft, durch das dritte Berechnungs-Mittel die Rad-Geschwindigkeit bei der Soll-Schlupf-Rate auf der Grundlage der Schlupf-Rate, die vom ersten Berechnungs-Mittel berechnet wurde, das korrigierte Ausmaß der Verschiebung und die Fahrzeug-Geschwindigkeit berechnen zu lassen.

Das Steuerungs-Mittel reduziert die Bremskraft der Brems-Vorrichtung, wenn die aktuelle Rad-Geschwindigkeit unter eine Soll-Rad-Geschwindigkeit gefallen ist, d.h., wenn die tatsächliche Schlupf-Rate die Soll-Schlupf-Rate überschritten hat. Die Differenz zwischen dem Bremsmoment und dem Straßenoberflächen-reaktiven Drehmoment ist allerdings in einem Fall, in dem zum Beispiel die Soll-Schlupf-Rate μ niedriger ist als die optimale Schlupf-Rate, klein im Vergleich zu einem Fall, in dem die Soll-Schlupf-Rate gleich groß ist wie die optimale Schlupf-Rate. In einem solchen Fall ist auch die Rad-Verzögerung klein. Andererseits ist die vorher erwähnte Differenz in einem Fall, in dem die Soll-Schlupf-Rate größer ist als die optimale Schlupf-Rate, groß, und die Rad-Verzögerung ist ebenfalls groß.

Dementsprechend ist es möglich, auf der Grundlage der Rad-Verzögerung während einer Zeitdauer, während der das Steuerungs-Mittel die Bremskraft reduziert, festzustellen, ob die gegenwärtig festgesetzte Soll-Schlupf-Rate einen geeigneten Wert hat. Es soll verdeutlicht werden, daß das erste Korrektur-Mittel das Ausmaß der Verschiebung auf der Basis der Rad-Verzögerung, die zu einem Zeitpunkt, zu dem die Reduktion der Bremskraft durch das Steuerungs-Mittel begonnen wird, korrigieren kann oder es auf der Grundlage der Rad-Verzögerung, die zu einem Zeitpunkt nach Ablauf einer vorbestimmten Zeit

nach dem Beginn der Reduktion der Bremskraft besteht, berechnen kann. Daraus folgt, daß es möglich ist, auch bei einer Änderung des Zustandes der Straßenoberfläche eine geeignete Soll-Schlupf-Rate festzusetzen, indem man das korrigierte Ausmaß der Verschiebung heranzieht und damit jederzeit eine optimale Bremsleistung ermöglicht.

Im dem Fall, daß sich der Zustand der Straßenoberfläche plötzlich verändert hat von einer Straßenoberfläche mit einem niedrigen Wert der optimalen Schlupf-Rate, bei dem μ einen Maximalwert erreicht, zu einer Straßenoberfläche mit einem hohen Wert der optimalen Schlupf-Rate, ist es wünschenswert, die Soll-Schlupf-Rate und die Soll-Rad-Geschwindigkeit innerhalb einer kurzen Zeitspanne stark zu verändern und den Brems-Vorgang derart durchzuführen, daß die Bremskraft in hohem Maße verstärkt wird. Mit der oben beschriebenen Steuerung wird jedoch die Zunahme der Steigerung der Bremskraft auf der Grundlage der Verschiebung der aktuellen Rad-Geschwindigkeit in bezug auf die Soll-Rad-Geschwindigkeit festgesetzt. Wenn die Soll-Schlupf-Rate niedrig ist, ist die Verschiebung der Rad-Geschwindigkeit klein, so daß es auch dann, wenn die optimale Schlupf-Rate, bei der μ einen Optimalwert erreicht, plötzlich hoch wird, schwierig ist, die Werte der Soll-Schlupf-Rate und der Soll-Rad-Geschwindigkeit innerhalb einer kurzen Zeitspanne zu Optimalwerten zu verändern.

Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, weiters das zweite Korrektur-Mittel vorzusehen, um das Ausmaß der Verschiebung derart zu verändern, daß sich das Ausmaß der Verschiebung erhöht, wenn die Rad-Beschleunigung, die nach dem Überschreiten einer vorbestimmten Zeitspanne ab dem Zeitpunkt, zu dem eine Erhöhung der Bremskraft von dem Steuerungs-Mittel begonnen wird, größer als oder gleich groß wie ein vorbestimmter Wert ist, und es ist weiters vorteilhaft, durch das dritte Berechnungs-Mittel eine Soll-Rad-Geschwindigkeit unter Anwendung des korrigierten Ausmaßes der Verschiebung berechnen zu lassen. Wenn sich der Zustand der Straßenoberfläche geändert hat von einer Straßenoberfläche mit einem niedrigen Wert der optimalen Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, zu einer Straßenoberfläche mit einem hohen Wert der optimalen Schlupf-Rate, erhöhen sich die Rad-Beschleunigung und die Rad-

Geschwindigkeit sogar dann, wenn das Steuerungs-Mittel die Bremskraft verstärkt, in eine positive Richtung (in die Richtung einer Erhöhung der Geschwindigkeit), ebenso wie in dem Fall, in dem die Bremskraft reduziert wird. Aus diesem Grund erhöht sich der vorbestimmte oder ein höherer Wert der Rad-Beschleunigung auch dann, wenn die Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, plötzlich aus den oben angeführten Gründen hoch wird. Diese Zunahme der Rad-Beschleunigung wird ermittelt, und das Ausmaß der Verschiebung wird derart korrigiert, daß es zunimmt. Als ein Ergebnis ist es auch in Fällen, in denen sich der Zustand der Straßenoberfläche plötzlich geändert hat, wie oben beschrieben, möglich, einen optimalen Brems-Vorgang zu erreichen, indem eine Anpassung an die Veränderung folgt.

Wenn jedoch die vorgesehene Anordnung solcherart ist, daß die Brems-Vorrichtung durch den Druck einer Flüssigkeit eine Bremskraft auf das Rad ausübt und das Steuerungs-Mittel das elektromagnetische Ventil, das zur Regulierung des Flüssigkeits-Drucks vorgesehen ist, der als Bremskraft auf das Rad ausgeübt wird, ein- und ausschaltet und die Bremskraft (Rad-Geschwindigkeit) durch Veränderung des Flüssigkeits-Drucks durch Verändern der Einschaltdauer des Ein-Aus-Betriebes steuert, wenn die aktuelle Schlupf-Rate mit Hilfe der oben beschriebenen Steuerung in die Nähe der Soll-Schlupf-Rate gesteuert wird, würde die Antriebskraft des elektromagnetischen Ventils verändert werden, um das elektromagnetische Ventil ein- und auszuschalten, wenn die Rad-Geschwindigkeit geringgradig höher oder niedriger wird als die Soll-Rad-Geschwindigkeit. In einem solchen Fall entsteht das Problem, daß bei der Betätigung des elektromagnetischen Ventils häufig ein Geräusch entsteht, das dem Insasse Unbehagen bereitet.

Falls es nicht erforderlich ist, die Bremskraft bei hoher Geschwindigkeit zu verändern, wenn der Druck auf die Flüssigkeit erhöht oder reduziert werden muß, ist es vorteilhaft, wenn das Steuerungs-Mittel das elektromagnetische Ventil nach einem Schaltschema ein- und ausschaltet, das mit „aus“ beginnt. Als eine Situation, in der es nicht erforderlich ist, die Bremskraft bei hoher Geschwindigkeit zu verändern, kann neben anderen ein Fall als Beispiel angeführt werden, bei

14 08.10.97

dem μ relativ niedrig ist und die Fahrzeug-Verzögerung relativ klein ist. Wenn das elektromagnetische Ventil in einer solchen Situation in der oben beschriebenen Weise ein- und ausgeschaltet wird, wird das Ausmaß der Verschiebung der Rad-Geschwindigkeit in bezug auf die Ziel-Rad-Geschwindigkeit leicht erhöht. Wenn jedoch die aktuelle Schlupf-Rate in die Nähe der Soll-Schlupf-Rate gesteuert wird, wird die Häufigkeit, mit der das elektromagnetische Ventil eingeschaltet wird, stark reduziert. So ist es möglich, das Geräusch, das bei der Betätigung des elektromagnetischen Ventils entsteht und vom Insasse als unangenehm empfunden wird, zu verhindern.

Es wird darauf hingewiesen, daß es bei der vorliegenden Erfindung möglich ist, eine Steuerung mit größerer Genauigkeit zur Verfügung zu stellen, wenn zur Ermittlung der Fahrzeug-Geschwindigkeit ein Fahrzeug-Boden-Geschwindigkeits-Sensor verwendet wird, obwohl die Fahrzeug-Geschwindigkeit aus der Rad-Geschwindigkeit geschätzt werden kann.

Wie oben beschrieben, ist die bei der vorliegenden Erfindung zur Verfügung gestellte Anordnung derart, daß die Schlupf-Rate zu einem Zeitpunkt, zu dem die Rad-Verzögerung größer oder gleich groß geworden ist wie ein vorbestimmter Wert, der auf der Grundlage der Fahrzeug-Verzögerung festgesetzt wurde, das Ausmaß der Verschiebung zwischen der berechneten Schlupf-Rate und einer Soll-Schlupf-Rate berechnet wird, die Rad-Geschwindigkeit bei der Soll-Schlupf-Rate als die Soll-Rad-Geschwindigkeit auf der Grundlage der berechneten Schlupf-Rate berechnet wird, das berechnete Ausmaß der Verschiebung und die Fahrzeug-Geschwindigkeit und die Bremskraft derart gesteuert werden, daß die Rad-Geschwindigkeit gleich der berechneten Soll-Rad-Geschwindigkeit wird. Dementsprechend kann ein herausragender Vorteil dadurch erzielt werden, daß es möglich ist, ein Blockieren des Rades ohne Beeinträchtigung der Bremsleistung zu verhindern.

Außerdem kann, wenn das Ausmaß der Verschiebung auf der Grundlage der Größe der Rad-Beschleunigung berechnet wird, die, während einer Zeitspanne nach dem Zeitpunkt besteht, zu dem die Rad-Verzögerung größer als oder gleich groß geworden ist wie ein vorbestimmter Wert, der entsprechend der Fahrzeug-Verzögerung festgesetzt wurde, zusätzlich zu den oben

08.10.97

beschriebenen Vorteilen ein herausragender Vorteil erzielt werden durch die Möglichkeit, einen dem Zustand der Straßenoberfläche angepaßten Brems-Vorgang vorzusehen.

Außerdem kann dann, wenn die zur Verfügung gestellte Anordnung derart ist, daß eine Bestimmung durchgeführt wird, ob eine Vibrations-Veränderung bei der Rad-Beschleunigung aufgetreten ist, die Schlupf-Rate zu einem Zeitpunkt, zu dem die Rad-Beschleunigung einen Maximalwert erreicht hat, berechnet wird, und wenn bestimmt wird, daß die Vibrations-Veränderung bei der Rad-Beschleunigung aufgetreten ist, die Soll-Rad-Geschwindigkeit berechnet wird, indem die Soll-Schlupf-Rate als jene Schlupf-Rate festgesetzt wird, die auftritt, wenn die Rad-Beschleunigung einen Maximalwert erreicht hat, zusätzlich zu den oben beschriebenen Vorteilen ein herausragender Vorteil erzielt werden, indem es möglich wird, die Beeinträchtigung der Bremsleistung zu verhindern, wenn Vibrationen des Rades aufgetreten sind.

Wenn die zur Verfügung gestellte Anordnung weiters derart ist, daß das Ausmaß der Verschiebung, das auf der Grundlage der Größe der Rad-Verzögerung korrigiert wird, die während einer vorbestimmten Zeitdauer erzielt werden kann, während der das Steuerungs-Mittel das Bremsmoment reduziert, und die Rad-Geschwindigkeit bei der Soll-Schlupf-Rate unter Verwendung des korrigierten Ausmaßes der Verschiebung berechnet wird, kann zusätzlich zu den oben beschriebenen Vorteilen ein herausragender Vorteil erzielt werden, indem es möglich wird, ungeachtet der Veränderung des Zustandes der Straßenoberfläche eine geeignete Schlupf-Rate festzusetzen, und ein optimaler Brems-Vorgang kann jederzeit durchgeführt werden.

Wenn außerdem die zur Verfügung gestellte Anordnung derart ist, daß das Ausmaß der Verschiebung in einer Art und Weise korrigiert wird, daß es sich erhöht, wenn die Rad-Beschleunigung, die nach dem Ablauf einer vorbestimmten Zeitspanne ab dem Zeitpunkt, zu dem eine Erhöhung der Bremskraft durch das Kontroll-Mittel begonnen wird, größer oder gleich groß wie ein vorbestimmter Wert ist und wenn die Rad-Geschwindigkeit bei der Soll-Schlupf-Rate auf der Grundlage des korrigierten Ausmaßes der Verschiebung berechnet wird, kann der folgende herausragende Vorteil zusätzlich zu den oben

beschriebenen Vorteilen erzielt werden: In dem Fall, daß sich der Zustand der Straßenoberfläche plötzlich geändert hat von einer Straßenoberfläche mit einer niedrigen Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, zu einer Straßenoberfläche mit einer hohen Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, ist es möglich, einen optimalen Brems-Vorgang zu erzielen, indem man die Veränderung mitvollzieht.

Darüber hinaus kann dann, wenn die zur Verfügung gestellte Anordnung derart ist, daß das Steuerungs-Mittel das elektromagnetische Ventil ein- und ausschaltet nach einem Schaltschema, das mit „aus“ beginnt, wenn es nicht nötig ist, die Bremskraft bei hoher Geschwindigkeit, wenn der Flüssigkeits-Druck erhöht oder reduziert werden muß, zu verändern, der folgende herausragende Vorteil zusätzlich zu den oben beschriebenen Vorteilen erzielt werden: Die Häufigkeit, mit der das elektromagnetische Ventil eingeschaltet wird, wird wesentlich reduziert, und es ist möglich, das Geräusch zu verhindern, das durch den Betrieb des elektromagnetischen Ventils erzeugt wird und das der Insasse als unangenehm empfindet.

Die oben angeführten und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung der Erfindung besser verständlich, wenn sie in Verbindung mit den dazugehörigen Zeichnungen betrachtet werden.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1A ist ein Diagramm, das die Veränderung von μ in bezug auf die Veränderung einer Schlupf-Rate S darstellt;

Fig. 1B ist ein Diagramm, das die Veränderung des Straßenoberflächen-reaktiven Drehmoments T_s und des Bremsmoments T_b in bezug auf die Veränderung der Schlupf-Rate darstellt;

Fig. 2A ist ein Diagramm, das eine Rad-Geschwindigkeit zu einem Zeitpunkt, zu dem Vibrationen des Rades aufgetreten sind, darstellt;

Fig. 2B ist ein Diagramm, das eine Rad-Beschleunigung zu einem Zeitpunkt, zu dem Vibrationen des Rades aufgetreten sind, darstellt;

Fig. 2C ist ein Diagramm, das die Veränderung des Straßenoberflächen-reaktiven Drehmoments T_s zu einem Zeitpunkt, bei dem Vibrationen des Rades aufgetreten sind, darstellt;

Fig. 3 ist ein schematisches Diagramm einer Brems-Vorrichtung gemäß den Ausführungsvarianten;

Fig. 4 ist ein Flußdiagramm, das einen Abriß der Anti-Blockier-Steuerung darstellt;

Fig. 5 ist ein Flußdiagramm, das den Ablauf der Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit gemäß einer ersten Ausführungsvariante darstellt;

Fig. 6 ist ein Diagramm, das den Inhalt eines Kennfeldes zur Festlegung eines Ausmaßes der Verschiebung S_{c1} in der ersten Ausführungsvariante darstellt;

Fig. 7 ist ein Flußdiagramm, das den Ablauf der Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit gemäß einer zweiten Ausführungsvariante darstellt;

Fig. 8 ist ein Diagramm, das den Inhalt eines Kennfeldes zur Festsetzung des Ausmaßes der Verschiebung S_{c1} in der zweiten Ausführungsvariante darstellt;

Fig. 9A ist ein Diagramm, das die Größe des Ausmaßes der Verschiebung S_{c1} und einer Soll-Schlupf-Rate S_R darstellt, die in einem Fall festgesetzt werden, in dem die μ -S-Kennlinie in der zweiten Ausführungsvariante ein übliches Profil aufweist;

Fig. 9B ist ein Diagramm, das die Größe des Ausmaßes der Verschiebung S_{c1} und der Soll-Schlupf-Rate S_R , die in einem Fall festgesetzt werden, in dem die μ -S-Kennlinie in der zweiten Ausführungsvariante einen Spitzenwert erreicht; darstellt;

Fig. 9C ist ein Diagramm, das die Größe des Ausmaßes der Verschiebung S_{c1} und der Soll-Schlupf-Rate S_R darstellt, die in einem Fall festgesetzt werden, in dem die μ -S-Kennlinie in der zweiten Ausführungsvariante flach ist;

Fig. 10 ist ein Flußdiagramm, das den Ablauf der Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit gemäß einer dritten Ausführungsvariante darstellt;

Fig. 11 ist ein Flußdiagramm, das den Ablauf der Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit gemäß einer vierten Ausführungsvariante darstellt;

18.10.97

Fig. 12A ist ein Diagramm, das die Größe einer Beschleunigungs-Differenz (die Größe einer Rad-Beschleunigung G_w) in einem Fall mit geeigneter Soll-Schlupf-Rate darstellt;

Fig. 12B ist ein Diagramm, das die Größe der Beschleunigungs-Differenz (die Größe der Rad-Beschleunigung G_w) in einem Fall, in dem die Soll-Schlupf-Rate unangemessen klein ist, darstellt;

Fig. 12C ist ein Diagramm, das die Größe der Beschleunigungs-Differenz (die Größe der Rad-Beschleunigung G_w) in einem Fall, in dem die Soll-Schlupf-Rate unangemessen groß ist, darstellt;

Fig. 13 ist ein Diagramm, das als Variation der vierten Ausführungsvariante einen Fall darstellt, in dem ein Korrektur-Wert auf der Grundlage der Größe der Rad-Beschleunigung nach dem Ablauf einer vorbestimmten Zeitspanne nach einer Umstellung des Druck-Reduktions-Modus festgesetzt wird;

Fig. 14 ist ein Flußdiagramm, das den Ablauf der Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit gemäß einer fünften Ausführungsvariante darstellt;

Fig. 15 ist ein Flußdiagramm, das den Modus/Last-Verhältnis-Einstellungs-Ablauf gemäß einer sechsten Ausführungsvariante darstellt;

Fig. 16A ist ein Diagramm, das ein übliches Schaltschema als ein Schaltschema für das Betreiben einer Magnetspule eines elektromagnetischen Ventils darstellt,

Fig. 16B ist ein Diagramm, in dem ein Schaltschema für einen Fall, in dem es nicht erforderlich ist, den Bremsdruck bei hoher Geschwindigkeit zu verändern, als ein Schaltschema für das Betreiben einer Magnetspule des elektromagnetischen Ventils darstellt;

Fig. 17A ist ein Diagramm, das die Veränderung des Bremsdrucks durch die Steuerung gemäß der sechsten Ausführungsvariante darstellt;

Fig. 17B ist ein Diagramm, das die Veränderung des Bremsdrucks durch die konventionelle Steuerung darstellt; und

Fig. 18 ist eine Zeitablauf-Diagramm, in dem die Veränderung des Modus zum Betreiben eines elektromagnetischen Ventils als ein konventionelles Problem dargestellt wird, wenn

eine Rad-Geschwindigkeit V_w derart gesteuert wird, daß sie im wesentlichen gleich wie eine Soll-Geschwindigkeit V_R ist.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSVARIANTE

Mit Bezug auf die beigelegten Zeichnungen werden nun die Ausführungsvarianten der vorliegenden Erfindung detailliert beschrieben.

Fig. 3 zeigt eine Brems-Vorrichtung 10 für ein Fahrzeug, das eine Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfaßt. Außerdem wird in der Fig. 3 die Rohrleitung zum Leiten einer Hydraulik-Flüssigkeit der Brems-Vorrichtung 10 mit durchgehenden Linien dargestellt, und Signal-Leitungen werden mit unterbrochenen Linien dargestellt. Die Brems-Vorrichtung 10 hat ein Brems-Pedal 12, das in einem Fahrgastraum des Fahrzeuges angeordnet ist, und dieses Brems-Pedal 12 ist über einen Verstärker 14 mit einem Haupt-Zylinder 16 verbunden. In dieser Ausführungsvariante wird ein Haupt-Zylinder vom Tandem-Typ, in den zwei Druck-Kammern serienmäßig eingebaut sind, als Haupt-Zylinder 16 verwendet.

Eine der beiden Druck-Kammern im Haupt-Zylinder 16 ist über elektromagnetische Ventile 18A und 18B mit den Rad-Zylindern 20A und 20B bzw. mit jenen Zylindern verbunden, die für das linke und für das rechte Vorderrad des Fahrzeuges vorgesehen sind. Andererseits ist die andere der beiden Druck-Kammern im Haupt-Zylinder 16 über elektromagnetische Ventile 18C und 18D mit den Rad-Zylindern 20C und 20D verbunden, die für das linke und rechte Hinterrad des Fahrzeuges vorgesehen sind. Ein Behälter 22A ist mit den elektromagnetischen Ventilen 18A und 18B verbunden, während ein Behälter 22B mit den elektromagnetischen Ventilen 18C und 18D verbunden ist. Die elektromagnetischen Ventile 18A und 18D haben eine elektrische Verbindung mit einer Steuerung 24, die einen Mikrocomputer und dergleichen umfaßt.

Die elektromagnetischen Ventile 18A bis 18D werden üblicherweise in einer den Druck verstärkenden Stellung (in der in der Fig. 3 gezeigten Stellung) eingestellt, in der die elektromagnetischen Ventile 18A bis 18D es möglich machen, daß die Rad-Zylinder 20 mit dem Haupt-Zylinder 16 in Verbindung treten und denselben von den Behältern 22 trennen können. Als Reaktion auf die von der Steuerung 24 erteilten Antriebs-

Signale können jedoch die elektromagnetischen Ventile 18A bis 18D in eine den Druck reduzierende Stellung gebracht werden, in der die elektromagnetischen Ventile 18A bis 18D die Rad-Zylinder 20 vom Haupt-Zylinder 16 und von den Behältern 22 trennen, oder sie können in eine den Druck reduzierende Stellung gebracht werden, in der die elektromagnetischen Ventile 18A bis 18D es möglich machen, daß die Rad-Zylinder 20 mit den Behältern 22 in Verbindung treten und dieselben vom Haupt-Zylinder 16 trennen.

Es wird darauf hingewiesen, daß, obwohl in der Fig. 3 die elektromagnetischen Ventile 18A bis 18D aus praktischen Gründen als Drei-Weg-Ventile dargestellt sind, jedes einzelne der elektromagnetischen Ventile 18A bis 18D eine Kombination umfaßt aus einem Druck-Verstärkungs-Ventil, das aus einem üblicherweise offenen elektromagnetischen Ventil besteht, und einem Druck-Reduktions-Ventil, das aus einem üblicherweise geschlossenen elektromagnetischen Ventil besteht. Wenn die Ansteuerung des Druck-Verstärkungs-Ventils und des Druck-Reduktions-Ventils gestoppt wird, wird jedes der elektromagnetischen Ventile in die Druck-Verstärkungs-Stellung gebracht. Wenn nur das Druck-Verstärkungs-Ventil angesteuert wird, wird jedes der elektromagnetischen Ventile in die Druck-Halte-Stellung gebracht. Wenn sowohl das Druck-Verstärkungs-Ventil als auch das Druck-Reduktions-Ventil angesteuert wird, wird jedes der elektromagnetischen Ventile in die Druck-Reduktions-Stellung gebracht. Dementsprechend werden Signale, die von der Steuerung 24 ausgegeben werden, um das elektromagnetische Ventil in die Druck-Verstärkungs-Stellung, in die Druck-Halte-Stellung oder in die Druck-Reduktions-Stellung zu bringen, als das Druck-Verstärkungs-Signal, das Druck-Halte-Signal bzw. das Druck-Reduktions-Signal bezeichnet.

Rückschlag-Ventile 26A bis 26D werden zwischen dem Haupt-Zylinder 16 und den Rad-Zylindern 20A bis 20D parallel zu den elektromagnetischen Ventilen 18A bis 18D vorgesehen. Diese Rückschlag-Ventile 26A bis 26D verhindern, daß der Druck der hydraulischen Flüssigkeit (entsprechend einer Bremskraft) innerhalb der Rad-Zylinder 20 höher wird als der Flüssigkeits-Druck innerhalb der Druck-Kammern. Zusätzlich ist der Behälter 22A mit dem Haupt-Zylinder 16 über ein Rückschlag-Ventil 28A,

eine Pumpe 30A und ein Rückschlag-Ventil 32A verbunden. Auf die gleiche Weise ist der Behälter 22B mit dem Haupt-Zylinder 16 über ein Rückschlag-Ventil 28B, eine Pumpe 30B und ein Rückschlag-Ventil 32B verbunden. Die Pumpen 30A und 30B werden von einem Motor 34 angetrieben, und die Hydraulik-Flüssigkeit in den Behältern 22A und 22B wird von den Pumpen 30A und 30B aufgesaugt und in den Haupt-Zylinder 16 geleitet.

Rotations-Glieder (nicht gezeigt), die sich mit den vier am Fahrzeug montierten Rädern drehen, werden auf den Rädern entsprechend befestigt. Rad-Geschwindigkeits-Sensoren 36A und 36D zur Ermittlung einer Rad-Geschwindigkeit V_w durch Feststellen der Umdrehungs-Geschwindigkeit der Rotations-Glieder werden in der Nähe der Rotations-Glieder vorgesehen. Die Rad-Geschwindigkeits-Sensoren 36A bis 36D werden dementsprechend elektrisch mit der Steuerung 24 verbunden, um die Ergebnisse der Ermittlung an die Steuerung 24 auszugeben. Zusätzlich wird ein Fahrzeug-Boden-Geschwindigkeits-Sensor 38 an dem Fahrzeug montiert. Der Fahrzeug-Boden-Geschwindigkeits-Sensor 38 ist ein Ultraschall-Doppler-Sensor oder ein Raum-Filter-Sensor und ermittelt eine Fahrzeug-Boden-Geschwindigkeit V_{Gs} des Fahrzeugs. Der Fahrzeug-Boden-Geschwindigkeits-Sensor 38 wird elektrisch mit der Steuerung 24 verbunden, um die ermittelte Fahrzeug-Boden-Geschwindigkeit (Fahrzeug-Geschwindigkeit) V_{Gs} an die Steuerung 24 auszugeben. Zusätzlich wird ein Brems-Schalter 40, der eingeschaltet wird, wenn das Brems-Pedal 12 von einem Treiber niedergedrückt wird, mit der Steuerung 24 elektrisch verbunden.

Als nächstes wird, bezugnehmend auf die Flußdiagramme in den Fig. 4 und 5 eine Beschreibung des Verfahrens dieser ersten Ausführungsvariante gegeben werden. In Schritt 100 des Flußdiagramms in der Fig. 4, werden verschiedene Glas und dergleichen initialisiert. In Schritt 102 wird die Fahrzeug-Geschwindigkeit V_{Gs} , die vom Fahrzeug-Boden-Geschwindigkeits-Sensor 38 ermittelt wurde, gewonnen. Darüber hinaus wird in Schritt 104 eine Fahrzeug-Beschleunigung G_{Gs} auf der Grundlage der Fahrzeug-Geschwindigkeit V_{Gs} , die in Schritt 102 gewonnen wurde, berechnet. Hier stellt die Fahrzeug-Geschwindigkeit G_{Gs} ein Ausmaß der Veränderung (positiv oder negativ) pro Zeiteinheit der Fahrzeug-Geschwindigkeit dar, und im Falle

einer Verzögerung (in einem Fall, in dem G_{GS} negativ ist) wird sie als Fahrzeug-Verzögerung bezeichnet.

In einem folgenden Schritt 106 werden die Räder, die dem Verfahren in Schritt 108 und in den folgenden Schritten unterworfen sind, festgelegt. In Schritt 108 wird die Umdrehungs-Geschwindigkeit der Rotations-Glieder, die vom Rad-Geschwindigkeits-Sensor 36 entsprechend dem Rad, das dem Verfahren unterworfen ist, gewonnen, um eine Rad-Geschwindigkeit V_W zu berechnen. In Schritt 110 wird eine Rad-Beschleunigung G_W auf der Grundlage der in Schritt 108 gewonnenen Rad-Geschwindigkeit V_W berechnet. Hier stellt die Rad-Beschleunigung G_W ein Ausmaß der Veränderung (positiv oder negativ) pro Zeiteinheit der Rad-Geschwindigkeit dar, und im Falle einer Verzögerung (in einem Fall, in dem G_W negativ ist), wird sie als Rad-Verzögerung bezeichnet. In Schritt 112 wird eine Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R berechnet. Eine Beschreibung des Verfahrens zur Berechnung dieser Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R mit Bezug auf das in der Fig. 5 gezeigte Flußdiagramm wird später gegeben werden.

In Schritt 150 wird festgestellt, ob der Brems-Schalter 40 eingeschaltet ist, d.h., ob das Brems-Pedal 12 betätigt worden ist. Falls die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 150 NEIN ist, wird ein Anfangswert S_{INIT} ebenso im voraus festgelegt wie eine Referenz-Schlupf-Rate S_P in Schritt 160 festgelegt wird. Ein Wert, der höher ist (z.B. um 30 %) als die Schlupf-Rate, bei der μ auf einer üblichen Straßenoberfläche einen Maximalwert erreicht, wird als Anfangswert S_{INIT} festgelegt. Als ein Ergebnis ist es möglich, bei einem Brems-Vorgang auf einer ungewöhnlichen Straßenoberfläche (z.B. auf einer Schotterstraße oder dergleichen), bei dem die optimale Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, sehr hoch ist, zu verhindern, daß Zeit verbraucht wird, bis die optimale Schlupf-Rate erreicht ist.

In einem folgenden Schritt 170 wird „0“ als Ausgangswert für ein Ausmaß der Verschiebung S_{C1} festgesetzt, und der Arbeitsvorgang schreitet zu Schritt 230 vor. In Schritt 230 wird die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R entsprechend der folgenden Formel (3) berechnet:

$$V_R = V_{GS} \times (1 - (S_P + S_{C1}))$$

..... (3)

Es wird darauf hingewiesen, daß in der Formel (3) oben $(S_P + S_{C1})$ der Soll-Schlupf-Rate entsprechen. Dementsprechend wird die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R berechnet, indem der Anfangswert S_{INIT} der Referenz-Schlupf-Rate S_P als die Soll-Schlupf-Rate festgesetzt wird.

Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 150 JA ist, dann wird in Schritt 180 bestimmt, ob die Steuerung des Bremsmoments (Bremsdruck) schon durchgeführt worden ist. Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 180 NEIN ist, schreitet der Arbeitsvorgang zu Schritt 200 vor. Wenn andererseits die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 180 JA ist, dann wird in Schritt 190 bestimmt, ob eine Steuerung der Druck-Erhöhung durchgeführt worden ist, d.h., ob der Bremsdruck derart gesteuert wird, daß eine Erhöhung des Bremsdrucks erfolgt. Wenn die Antwort auf die Bestimmung in Schritt 180 NEIN ist, dann schreitet der Arbeitsvorgang zu Schritt 230 vor, aber wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 190 JA ist, schreitet der Arbeitsvorgang zu Schritt 200 fort.

In Schritt 200 wird bestimmt, ob während der vorhergehenden Steuerungs-Periode die Rad-Beschleunigung G_w größer war als ein vorbestimmter Wert G_2 (ein negativer Wert) (d.h., die Rad-Verzögerung war kleiner als der absolute Wert des vorbestimmten Wertes G_2), und ob während der allerletzten Steuerungs-Periode die Rad-Beschleunigung G_w niedriger oder gleich hoch wie der vorbestimmte Wert G_2 geworden ist (d.h., die Rad-Verzögerung ist größer als oder gleich hoch wie der absolute Wert des vorbestimmten Wertes G_2 geworden). Übrigens wird der vorbestimmte Wert G_2 auf der Grundlage der Fahrzeug-Beschleunigung G_{GS} entsprechend der folgenden Formel (4) berechnet, aber da das Fahrzeug verzögert wird, während der Brems-Schalter eingeschaltet ist, stellt G_{GS} einen negativen Wert dar, d.h., die Fahrzeug-Verzögerung:

$$G_2 = G_{GS} - G_K$$

..... (4)

Hier (siehe auch die Fig. 1B) ist G_K eine Konstante, und ein Wert von z.B. 1G oder dergleichen wird festgesetzt.

Übrigens ist es vorteilhaft, den Wert von G_K entsprechend der Trägheit des Rades zu ändern. In dem Fall einer geringen Trägheit des Rades, wie z.B. ein nicht angetriebenes Rad, ist die Rad-Verzögerung in Anbetracht eines identischen Bremsmoments (die Rad-Geschwindigkeit V_W neigt dazu, abzufallen) groß, wie aus Formel (2) ersichtlich ist. Dementsprechend ist es möglich, die Tatsache, daß sich die zeitliche Steuerung, bei der das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 200 von NEIN zu JA wechselt, entsprechend der relativen Größe der Trägheit des Rades verändert, zu korrigieren, wenn der Wert von G_K in bezug auf ein solches Rad vergrößert wird.

Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 200 NEIN ist, schreitet der Arbeitsvorgang zu Schritt 230 vor.

Andererseits wird in Schritt 210 eine Schlupf-Rate S als die Referenz-Schlupf-Rate S_P entsprechend der Formel (1) berechnet, wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 200 zu diesem Zeitpunkt JA ist. In einem folgenden Schritt 220 wird das Ausmaß der Verschiebung S_{C1} auf der Basis der Fahrzeug-Beschleunigung G_{GS} (Fahrzeug-Verzögerung) berechnet. In dieser ersten Ausführungsvariante wird die Beziehung zwischen der Fahrzeug-Beschleunigung G_{GS} und dem Ausmaß der Verschiebung S_{C1} vorab, wie in der Fig. 6 gezeigt, als Kennfeld gespeichert, so daß das Ausmaß der Verschiebung S_{C1} in diesem Kennfeld nachgeschlagen werden kann. In einem folgenden Schritt 230 wird die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R entsprechend der Formel (3), wie oben beschrieben, berechnet. Da die Referenz-Schlupf-Rate S_P und das Ausmaß der Verschiebung S_{C1} , die in den Schritten 210 und 220 entsprechend berechnet wurden, in Schritt 230 verwendet werden, wird die Rad-Geschwindigkeit bei einer Schlupf-Rate S_R (siehe Fig. 1), bei der μ einen Maximalwert erreicht, als die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R festgesetzt.

Nach der Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R in der oben beschriebenen Art und Weise schreitet der Arbeitsvorgang zu Schritt 114 des in der Fig. 4 gezeigten Flußdiagramms vor, um die Soll-Rad-Beschleunigung G_R zu errechnen, indem die Soll-Rad-Geschwindigkeit differenziert wird (präzise, indem die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R , die bei

der allerletzten Steuerungs-Periode berechnet wurde, vom dem Wert der Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R , die während der vorhergehenden Steuerungs-Periode berechnet wurde, subtrahiert wird). In einem folgenden Schritt 116, werden der Modus und die Einschaltdauer festgesetzt, indem die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R und die Soll-Rad-Beschleunigung G_R mit der Rad-Geschwindigkeit V_W und der Rad-Beschleunigung G_W entsprechend verglichen werden. Der Modus wird entsprechend der folgenden Tabelle 1 festgelegt:

Tabelle 1

	$G_W < G_R$	$G_W > G_R$
$V_W > V_R$	Druck-Verstärkungs-Modus	
$V_W < V_R$	Druck-Reduktions-Modus	Druck-Halte-Modus

Es sollte festgehalten werden, daß der Druck-Verstärkungs-Modus ein Modus ist, bei dem die Bremskraft verstärkt wird, um das Bremsmoment zu erhöhen, der Druck-Reduktions-Modus ein Modus ist, bei dem die Bremskraft reduziert wird, um das Bremsmoment zu verringern und der Druck-Halte-Modus ein Modus ist, bei dem die Erhöhung oder die Reduktion der Bremskraft gestoppt wird, um das Bremsmoment auf einem festgelegten Wert zu halten. In der Tabelle 1 ist eine Festsetzung derart vorgesehen, daß in einem Fall, in dem die Rad-Beschleunigung G_W größer geworden ist als die Soll-Rad-Beschleunigung G_R (oder kleiner als die Soll-Rad-Beschleunigung G_R in Falle einer Verzögerung), trotz der Tatsache, daß die Rad-Geschwindigkeit V_W kleiner ist als die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R , der Druck-Reduktions-Modus gestoppt und der Druck-Halte-Modus angewendet wird. Diese Festsetzung ist vorgesehen, um eine übermäßige Druck-Reduktion zu verhindern,

08.10.97

weil es nicht erforderlich ist, die Bremskraft zu reduzieren, nachdem die Rad-Beschleunigung G_W durch Druck-Reduktion gleich groß wie die Soll-Rad-Beschleunigung G_R geworden ist und die Bewegungs-Stabilität des Rades erreicht worden ist.

Außerdem ist das Festsetzen des Last-Verhältnisses derart vorgesehen, daß die Betriebs-Rate des elektromagnetischen Ventils innerhalb einer Zeiteinheit (d.h., die Einschaltdauer) größer wird, wenn sich die Differenz zwischen der Rad-Geschwindigkeit V_W und der Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R oder die Differenz zwischen der Rad-Beschleunigung G_W und der Soll-Rad-Beschleunigung G_R erhöht. Folglich wird der Neigungswinkel zur Erhöhung oder Reduktion der Druckkraft größer festgesetzt, wenn die oben erwähnte Differenz größer wird.

In einem folgenden Schritt 118 wird festgestellt, ob das Verfahren der Schritte 108 bis 116 in bezug auf alle Räder des Fahrzeuges durchgeführt wurde. Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 118 NEIN ist, dann kehrt der Arbeitsvorgang zu Schritt 106 zurück, um das vorherige Verfahren zu wiederholen, wobei ein Wechsel des Rades, das dem Verfahren unterzogen wird, erfolgt. Der Modus und die Last-Verhältnisse, die wie oben beschrieben festgesetzt werden, werden in einem Speicher oder dergleichen gespeichert. In einem Brems-Druck-Steuerungs-Programm, das unabhängig von den in den Fig. 4 und 5 gezeigten Verfahren durchgeführt wird, werden der im Speicher und dergleichen gespeicherte Modus und die gespeicherte Einschaltdauer ständig überwacht, und das Druck-Verstärkungs-Signal, das Druck-Reduktions-Signal oder das Druck-Halte-Signal werden entsprechend dem gespeicherten Modus und das gespeicherten Last-Verhältnis zu den Magnetspulen der elektromagnetischen Ventile 18A bis 18D ausgegeben.

Wenn in dem in der Fig. 4 gezeigten Flußdiagramm das Verfahren für alle Räder durchgeführt ist, schreitet der Arbeitsvorgang zu Schritt 120 vor, um festzustellen, ob eine Abnormalität in der Brems-Vorrichtung 10 aufgetreten ist. Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 120 NEIN ist, dann kehrt der Arbeitsvorgang zu Schritt 102 zurück, um das oben beschriebene Verfahren ~~zu~~ wiederholt durchzuführen. Wenn andererseits eine Abnormalität in der Brems-Vorrichtung 10

08.10.97

aufgetreten ist, dann wird eine Lampe, die auf einer Instrumenten-Schalttafel oder dergleichen angebracht ist, zum Aufleuchten gebracht, um den Insassen über das Auftreten einer Abnormalität zu informieren. In Schritt 124 wird ein Störungssicherheits-Verfahren durchgeführt, und der Arbeitsvorgang kehrt zu Schritt 102 zurück.

Daher wird in dem oben beschriebenen Verfahren, da die Soll-Schlupf-Rate S_R , bei der μ einen Maximalwert erreicht, geschätzt wird, bevor μ einen Maximalwert erreicht, und eine Steuerung vorgesehen ist, um es zu ermöglichen, daß eine aktuelle Schlupf-Rate gleich wie die Soll-Schlupf-Rate S_R wird, der Brems-Vorgang der Brems-Vorrichtung 10 bei der Ermittlung des Spitzenwertes von μ nicht beeinträchtigt.

Als nächstes wird eine Beschreibung der zweiten Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung gegeben werden. Da die Anordnung der zweiten Ausführungsvariante jener der ersten Ausführungsvariante im wesentlichen ähnlich ist, erfolgt keine detaillierte Beschreibung. Im folgenden wird mit Bezug auf das Flußdiagramm in der Fig. 7 eine Beschreibung jener Teile gegeben werden, die sich von der ersten Ausführungsvariante bezüglich des Verfahrens zur Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit entsprechend der zweiten Ausführungsvariante unterscheiden.

Als nächstes wird eine Beschreibung der zweiten Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung gegeben werden. Da die Anordnung der zweiten Ausführungsvariante im wesentlichen jener der ersten Ausführungsvariante ähnlich ist, erfolgt keine detaillierte Beschreibung.

Im Verfahren zur Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit entsprechend der zweiten Ausführungsvariante in dem Fall, in dem der Brems-Schalter 40 ausgeschaltet ist (die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 150 ist NEIN), wird zusätzlich zu der Ausgangs-Referenz-Schlupf-Rate S_p in Schritt 160 und dem Ausgangs-Ausmaß der Verschiebung S_{c1} in Schritt 170 die Angabe G_p (im folgenden als Beschleunigungs-Differenz G_p bezeichnet), die die Differenz zwischen der Rad-Beschleunigung G_w und der Fahrzeug-Beschleunigung G_{cs} darstellt, in Schritt 162 als Ausgangs-Wert G_{init} festgesetzt. In dieser zweiten Ausführungsvariante wird, da das Ausmaß der Verschiebung S_{c1}

08.10.97

auf der Grundlage der Beschleunigungs-Differenz G_p berechnet wird, wie später beschrieben wird, der Ausgangs-Wert G_{INIT} derart festgesetzt, daß der berechnete Wert des Ausmaßes der Verschiebung S_{C1} nicht „0“ wird, d.h., derart, daß die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R nicht berechnet wird, indem die Referenz-Schlupf-Rate S_p als die Soll-Schlupf-Rate festgesetzt wird.

Wenn andererseits die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 180 NEIN ist oder wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 190 JA ist, wird in Schritt 192 die Schlupf-Rate S auf der Grundlage der Rad-Geschwindigkeit V_w und der Fahrzeug-Geschwindigkeit V_{GS} entsprechend der Formel (1) berechnet, und der Arbeitsvorgang schreitet zu Schritt 200 fort. Wenn die Rad-Beschleunigung G_w nicht niedriger als oder gleich hoch wie der vorbestimmte Wert G_2 ist, wird NEIN als Antwort bei der Bestimmung in Schritt 200 gegeben, und der Arbeitsvorgang schreitet zu Schritt 204 fort. In Schritt 204 erfolgt eine Bestimmung, ob während der vorhergehenden Steuerungs-Periode die Schlupf-Rate niedriger war als der vorher erwähnte Referenz-Wert und ob während der allerletzten Steuerungs-Periode die Schlupf-Rate höher als oder gleich hoch wie der vorher erwähnte Referenz-Wert geworden ist, indem die in Schritt 192 berechnete Schlupf-Rate S mit einem Referenz-Wert, bei dem ein vorbestimmter Wert S_k zur Referenz-Schlupf-Rate S_p addiert wird, verglichen wird.

Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 204 NEIN ist, wird in Schritt 208 das Ausmaß der Verschiebung S_{C1} auf der Grundlage der oben erwähnten Beschleunigungs-Differenz G_p berechnet. In dieser zweiten Ausführungsvariante wird, wie in der Fig. 8 gezeigt, die Relation zwischen der Beschleunigungs-Differenz G_p und dem Ausmaß der Verschiebung S_{C1} vorab in einem Kennfeld gespeichert, so daß das Ausmaß der Verschiebung S_{C1} in Schritt 208 unter Zuhilfenahme dieses Kennfelds berechnet wird. In dem oben beschriebenen Verfahren wird in dem Fall, in dem der Brems-Schalter 40 eingeschaltet wird und die Rad-Beschleunigung G_w größer ist als der Ausgangs-Wert G_2 (d.h., die Rad-Verzögerung ist kleiner als der absolute Wert des vorbestimmten Wertes G_2), die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R auf der Grundlage des Ausgangs-Wertes der Referenz-Schlupf-Rate S_p

08.10.97

und des Ausmaßes der Verschiebung S_{c1} , der auf der Grundlage des Ausgangs-Wertes der Beschleunigungs-Differenz G_p ermittelt wurde, berechnet.

Andererseits ist die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 200 JA, wenn die Rad-Beschleunigung G_w niedriger als oder gleich hoch wie der vorbestimmte Wert G_2 wird (d.h., die Rad-Verzögerung wird größer als oder gleich groß wie der absolute Wert des vorbestimmten Wertes G_2). In diesem Fall wird in Schritt 202 die in Schritt 192 berechnete Schlupf-Rate S als Referenz-Schlupf-Rate S_p festgesetzt, und der Arbeitsvorgang schreitet zu Schritt 208 fort. Folglich wird, wenn die Rad-Beschleunigung G_w niedriger als oder gleich hoch wie der vorbestimmte Wert G_2 wird, die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R auf der Grundlage der Schlupf-Rate, die ermittelt wurde, als die Rad-Beschleunigung G_w niedriger als oder gleich hoch wie der vorbestimmte Wert G_2 wurde, sowie des Ausmaßes der Verschiebung S_{c1} , das auf der Grundlage des Ausgangs-Wertes der Beschleunigungs-Differenz G_p ermittelt wurde, berechnet. Wenn weiters die Schlupf-Rate S größer als oder gleich groß wie der Referenz-Wert wird, bei dem der vorbestimmte Wert S_K zu der Referenz-Schlupf-Rate S_p addiert wird, ist die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 204 JA. In diesem Fall wird in Schritt 206 ein Wert, bei dem die Fahrzeug-Beschleunigung G_{Gs} von der Rad-Beschleunigung G_w subtrahiert wird, als Beschleunigungs-Differenz G_p festgesetzt. Folglich wird in Schritt 208 das Ausmaß der Verschiebung S_{c1} auf der Basis der in Schritt 206 festgesetzten Beschleunigungs-Differenz G_p neu berechnet, und die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R wird unter Verwendung des neu errechneten Ausmaßes der Verschiebung S_{c1} berechnet.

Wie aus der Fig. 8 ersichtlich ist, wird der Wert des Ausmaßes der Verschiebung S_{c1} in einer solchen Art und Weise festgesetzt, daß er kleiner wird, wenn die Beschleunigungs-Differenz G_p kleiner wird, d.h., wenn die Verzögerungs-Differenz größer wird. Dementsprechend ist in einem Fall, in dem, wie in der Fig. 9B gezeigt wird, das Profil einer tatsächlichen μ -S-Kennlinie im Vergleich zu einer üblichen aktuellen μ -S-Kennlinie, wie in der Fig. 9A gezeigt, einen Spitzenwert erreicht (d.h., das Profil des Scheitelpunktes, dessen Spitze ein Punkt ist, bei dem μ einen Maximalwert

08.10.97

erreicht, ist steil), der Wert der Beschleunigungs-Differenz klein. Daher muß der Wert des Ausmaßes der Verschiebung Sc_1 entsprechend niedrig festgesetzt werden. Andererseits ist, wie in der Fig. 9C gezeigt wird, in einem Fall, in dem das Profil der tatsächlichen μ -S-Kennlinie flach ist, (d.h., das Profil der Spitze ist flach), der Wert der Beschleunigungs-Differenz G_F hoch, so daß der Wert des Ausmaßes der Verschiebung Sc_1 dementsprechend hoch festgesetzt wird. Folglich ist es möglich, die Genauigkeit der Soll-Schlupf-Rate S_F in bezug auf die Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, zu erhöhen und es wird ein dem Zustand der Straßenoberfläche noch besser entsprechender Brems-Vorgang ausgeführt.

Als nächstes wird eine Beschreibung der dritten Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung gegeben werden. Da die Anordnung der dritten Ausführungsvariante ebenfalls im wesentlichen jener der ersten Ausführungsvariante ähnlich ist, erfolgt keine detaillierte Beschreibung. Im folgenden wird mit Bezug auf das Flußdiagramm, das in der Fig. 10 gezeigt wird, nur eine Beschreibung jener Teile erfolgen, die sich in bezug auf das Verfahren zur Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit entsprechend der dritten Ausführungsvariante von der ersten Ausführungsvariante unterscheiden.

In der dritten Ausführungsvariante wird in Schritt 146 zuerst eine Bestimmung durchgeführt, ob eine Rad-Beschleunigung $G_{W(n-1)}$, die in der vorhergehenden Steuerungs-Periode berechnet wurde, auf einem Spitzenwert (ein Maximalwert; siehe Punkt P_2 in der Fig. 2B) in der positiven Richtung der Rad-Beschleunigung G_W war. Diese Bestimmung wird durchgeführt, indem ermittelt wird, ob während der allerletzten Steuerungs-Periode eine Rad-Beschleunigung $G_{W(n)}$ niedriger war als die Rad-Beschleunigung $G_{W(n-1)}$ in der vorhergehenden Steuerungs-Periode und ob die Rad-Beschleunigung $G_{W(n-1)}$ während der vorhergehenden Steuerungs-Periode größer als oder gleich groß wie eine Rad-Beschleunigung $G_{W(n-2)}$ während der Steuerungs-Periode vor der vorhergehenden Steuerungs-Periode war. Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 146 NEIN ist, dann schreitet das Verfahren zu Schritt 150 fort, aber wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 146 JA ist, wird in Schritt 148 eine Schlupf-Rate $S_{(n-1)}$ während der vorhergehenden

08.10.97

Steuerungs-Periode als eine Schlupf-Rate S_{GP} gespeichert, und dann schreitet das Verfahren zu Schritt 150 fort.

Folglich wird, da das Verfahren zur Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit wiederholt durchgeführt wird, die Schlupf-Rate bei einem Spitzenwert in der positiven Richtung der allerletzten Rad-Beschleunigung G_w immer als die Schlupf-Rate S_{GP} festgesetzt.

Darüber hinaus wird in der dritten Ausführungsvariante, wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 200 JA ist, in Schritt 210 bestimmt, ob das Rad vibriert, d.h., ob eine Vibrations-Veränderung bei der Beschleunigung des Rades aufgetreten ist. Das Vorhandensein oder Fehlen dieser Vibrationen des Rades kann durch Überwachung festgestellt werden, zum Beispiel durch eine Veränderung der Rad-Beschleunigung G_w im Laufe der Zeit und auf der Grundlage ihrer Dauer und ihrer Schwingungsweite. Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 201 NEIN ist, werden die Bestimmungen in den Schritten 210 und 220 auf dieselbe Art und Weise wie in der ersten Ausführungsvariante durchgeführt und das Verfahren schreitet zu Schritt 230 fort. Wenn andererseits die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 201 JA ist, wird in Schritt 222 die oben erwähnte Schlupf-Rate S_{GP} als Referenz-Schlupf-Rate S_p festgesetzt. Dann wird in Schritt 224 das Ausmaß der Verschiebung S_{c1} mit „0“ festgesetzt, und das Verfahren schreitet zu Schritt 230 fort.

In dem Fall, daß Rad-Vibrationen aufgetreten sind, verändert sich ein Straßenoberflächen-reaktives Drehmoment T_s so lange, bis es das Gleichgewicht mit dem reduzierten Bremsmoment erreicht, wenn das Bremsmoment reduziert wird, aber die Rad-Beschleunigung G_w wird ein Maximalwert in der positiven Richtung bei der Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht. Folglich wird in dem oben beschriebenen Verfahren sogar dann, wenn die Rad-Vibrationen auftreten, die Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, als die Soll-Schlupf-Rate S_R festgesetzt, und die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R wird auf der Basis dieser Soll-Schlupf-Rate S_R berechnet. Daher ist es möglich, eine Beeinträchtigung des Brems-Vorganges zu verhindern.

08.10.97

Als nächstes wird eine Beschreibung einer vierten Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung gegeben werden. Da die Anordnung der vierten Ausführungsvariante ebenfalls im wesentlichen jener der ersten Ausführungsvariante ähnlich ist, erfolgt keine detaillierte Beschreibung. Im folgenden wird mit Bezug auf das Flußdiagramm in der Fig. 11 eine Beschreibung des Verfahrens zur Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit entsprechend der vierten Ausführungsvariante gegeben werden.

In Schritt 232 werden die Referenz-Schlupf-Rate S_P und das Ausmaß der Verschiebung S_{C1} berechnet. Im besonderen kann diese Rechenoperation durchgeführt werden, indem das Verfahren, das auf Schritt 230 folgt, auf alle Berechnungs-Programme zur Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit, die in der ersten bis dritten Ausführungsvariante beschrieben worden sind, angewendet wird. In einem folgenden Schritt 234 wird bestimmt, ob der Modus, der bei der vorhergehenden Steuerungs-Periode festgesetzt wurde, nicht der Druck-Reduktions-Modus war und ob der Modus, der in der allerletzten Steuerungs-Periode festgesetzt worden ist, der Druck-Reduktions-Modus ist, d.h., ob sich der Modus zum Druck-Reduktions-Modus verändert hat. Wie in der ersten Ausführungsvariante beschrieben, erfolgt die Veränderung zum Druck-Reduktions-Modus dann, wenn die Rad-Geschwindigkeit V_W niedriger wird als die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R oder wenn die Rad-Beschleunigung G_W niedriger wird als die Soll-Rad-Beschleunigung G_R .

Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 234 NEIN ist, wird die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R entsprechend der folgenden Formel (5) berechnet:

$$V_R = V_{GS} \times (1 - (S_P + S_{C1} + S_{C2}))$$

..... (5)

wobei S_{C2} ein Korrektur-Wert zur Korrektur des Ausmaßes der Verschiebung S_{C1} ist und in Schritt 100 in dem Flußdiagramm, das in der Fig. 4 gezeigt wird, mit einem Anfangswert von „0“ festgesetzt wird.

Wenn jedoch die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 234 JA ist, wird in Schritt 236 bestimmt, ob die Rad-Beschleunigung G_W niedriger als ein Referenz-Wert G_3 ist, der

08.10.97

als eine Obergrenze der Rad-Beschleunigung (eine Untergrenze der Rad-Verzögerung) festgesetzt wird. Der Referenz-Wert G_3 kann bestimmt werden, indem ein vorbestimmter Wert (z.B. 0,5G) von der Fahrzeug-Beschleunigung G_{Gs} subtrahiert wird. Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 236 NEIN ist, weil die Rad-Verzögerung niedrig ist, und wenn die Beschleunigungs-Differenz G_p niedrig ist, wie in der Fig. 12B gezeigt wird, kann festgelegt werden, daß die Soll-Schlupf-Rate S_R übermäßig niedrig ist in bezug auf die angemessene Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht.

Übrigens wird in den Fig. 12A bis 12C aus Gründen der Einfachheit die Differenz zwischen dem Straßenoberflächen-rekativen Drehmoment und dem Bremsmoment als die Beschleunigungs-Differenz G_p gezeigt. Dementsprechend wird, wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 236 NEIN ist, in Schritt 238 ein vorbestimmter Wert S_0 zu dem Korrektur-Wert Sc_2 addiert, und der Arbeitsvorgang schreitet zu Schritt 246 fort.

Es wird festgehalten, daß der vorbestimmte Wert S_0 als ein fixer Wert festgesetzt werden kann oder verändert werden kann, wenn sich der absolute Wert der Rad-Beschleunigung G_w oder die Größe der Beschleunigungs-Verzögerung G_p verringert. Da die Soll-Schlupf-Rate S_R gleich $S_p + Sc_1 + Sc_2$ in der Formel (5) ist, bedeutet die Addition des vorbestimmten Wertes S_0 zu dem Korrektur-Betrag Sc_2 in Schritt 238, daß die Korrektur derart vorgenommen wurde, daß der Wert der Soll-Schlupf-Rate S_R hoch wird.

Wenn andererseits die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 236 JA ist, wird in Schritt 240 bestimmt, ob die Rad-Beschleunigung G_w niedriger ist als ein Referenz-Wert G_4 , der als eine Untergrenze der Rad-Beschleunigung (eine Obergrenze der Rad-Verzögerung) festgesetzt ist. Der Referenz-Wert G_4 wird bestimmt, indem von der Fahrzeug-Beschleunigung G_{Gs} ein vorbestimmter Wert (z.B. 2,0G), der höher ist als der beim Referenz-Wert G_3 verwendete vorbestimmte Wert, subtrahiert wird. Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 240 NEIN ist, weil die Rad-Verzögerung groß ist und die Beschleunigungs-Differenz G_p groß ist, wie in der Fig. 12C gezeigt wird, kann festgestellt werden, daß die Soll-Schlupf-Rate S_R in bezug auf

08.10.97

die angemessene Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, übermäßig groß ist.

Aus diesem Grund wird, wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 240 NEIN ist, in Schritt 242 ein vorbestimmter Wert S_D von dem Korrektur-Wert S_{C2} subtrahiert und der Arbeitsvorgang schreitet zu Schritt 246 fort. Übrigens kann der vorbestimmte Wert S_D als ein fixer Wert festgesetzt werden, oder er kann verändert werden, wenn sich der absolute Wert der Rad-Beschleunigung G_W oder die Größe der Beschleunigungs-Verzögerung G_P erhöht. Daraus folgt, daß die Korrektur in einer Art und Weise vorgesehen ist, daß der Wert der Soll-Schlupf-Rate S_R niedrig wird.

Wenn außerdem die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 240 NEIN ist, weil die Rad-Beschleunigung G_W niedriger ist als der vorbestimmte Wert G_3 und größer als oder gleich groß wie der vorbestimmte Wert G_4 ist, wird bestimmt, daß die Soll-Schlupf-Rate S_R angemessen ist, wie in der Fig. 12A gezeigt wird. Daher wird in Schritt 244 der Korrektur-Betrag S_{C2} mit „0“ festgesetzt, und der Arbeitsvorgang schreitet zu Schritt 246 fort.

In dem oben beschriebenen Verfahren wird sogar dann, wenn sich der Zustand der Straßenoberfläche verändert hat, die Soll-Schlupf-Rate S_R um den Korrektur-Wert S_{C2} korrigiert, der auf der Grundlage der Rad-Beschleunigung G_W festgesetzt wird, die gewonnen wurde, als der Modus zum Druck-Reduktions-Modus verändert wurde, und die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R wird auf der Grundlage der korrigierten Soll-Schlupf-Rate S_R berechnet. Daher kann immer ein optimaler Brems-Vorgang ausgeführt werden, sogar dann, wenn sich der Zustand der Straßenoberfläche verändert hat.

Es wird darauf hingewiesen, daß, obwohl in dem oben beschriebenen Verfahren der Korrektur-Betrag S_{C2} auf der Grundlage der Rad-Beschleunigung G_W gewonnen wurde, als der Modus zum Druck-Reduktions-Modus verändert wurde, die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt ist. So kann zum Beispiel eine Anordnung derart vorgesehen werden, daß der Korrektur-Betrag S_{C2} auf der Grundlage der Rad-Beschleunigung G_W nach dem Überschreiten der vorbestimmten Zeitspanne (nach dem Überschreiten von t msec in der Fig. 13) anschließend an den

08.10.97

Wechsel zum Druck-Reduktions-Modus festgelegt wird, wie in der Fig. 13 gezeigt wird.

In der Fig. 13 wird zum Beispiel der geeignete Wert der Rad-Beschleunigung G_w als A festgesetzt, und wenn die Rad-Beschleunigung G_w nach dem Überschreiten von t msec anschließend an den Wechsel zum Druck-Reduktions-Modus A oder ein Wert in der Nähe von A ist, wird der Korrektur-Betrag Sc_2 mit „0“ festgesetzt. Wenn jedoch die Rad-Beschleunigung G_w um einen vorbestimmten Wert oder mehr größer ist als A (z.B. bei Punkt B), wird bestimmt, daß die Soll-Schlupf-Rate S_R übermäßig klein ist, so daß der Code des Korrektur-Betrages Sc_2 auf positiv festgesetzt wird. Wenn jedoch die Rad-Beschleunigung G_w um einen vorbestimmten Wert oder mehr kleiner ist als A (z.B. bei Punkt C), wird bestimmt, daß die Soll-Schlupf-Rate S_R übermäßig groß ist, so daß der Code des Korrektur-Betrages Sc_2 auf negativ festgesetzt wird. Auch durch diese Art von Verfahren ist es möglich, die Soll-Schlupf-Rate S_R auf einen Wert zu korrigieren, der dem Zustand der Straßenoberfläche entspricht.

Als nächstes wird eine Beschreibung der fünften Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung gegeben werden. Da die Anordnung der fünften Ausführungsvariante im wesentlichen ebenfalls jener der ersten Ausführungsvariante ähnlich ist, erfolgt keine detaillierte Beschreibung. Im folgenden wird mit Bezug auf das Flußdiagramm in der Fig. 14 eine Beschreibung des Verfahrens zur Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit entsprechend der fünften Ausführungsvariante gegeben werden.

In Schritt 250 werden die Referenz-Schlupf-Rate S_P , das Ausmaß der Verschiebung Sc_1 und der Korrektur-Betrag Sc_2 berechnet. Im besonderen kann diese Rechenoperation realisiert werden, indem das Verfahren, das Schritt 246 im Programm zur Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit vorangeht und das in der vierten Ausführungsvariante beschrieben worden ist, angewendet wird. In einem nachfolgenden Schritt 252 wird bestimmt, ob der Druck-Verstärkungs-Modus gegenwärtig festgesetzt ist. Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 252 NEIN ist, wird in Schritt 254 der Wert eines Druck-Verstärkungs-Zählers mit „0“ festgesetzt, und der

08.10.97

Arbeitsvorgang schreitet zu Schritt 264 fort. In Schritt 264 wird die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R entsprechend der Formel (5) in derselben Art und Weise wie in Schritt 246 des Flußdiagramms von Fig. 9 berechnet.

Wenn jedoch die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 252 JA ist, wird in Schritt 256 der Wert des Druck-Verstärkungs-Zählers T_0 erhöht. In einem nachfolgenden Schritt 258 wird bestimmt, ob der Wert des Druck-Verstärkungs-Zählers T_0 höher als oder gleich hoch wie ein vorbestimmter Wert T_1 geworden ist. Übrigens wird zum Beispiel ein Wert von „10“ oder in der Nähe von 10 wird zum Beispiel als vorbestimmter Wert T_1 festgelegt. Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 258 NEIN ist, schreitet der Arbeitsvorgang in derselben Art und Weise wie oben beschrieben, zu Schritt 264 fort. Wenn außerdem der Druck-Verstärkungs-Modus konstant festgesetzt wurde, während das Flußdiagramm in der Fig. 14 T_1 Mal oder öfters durchgeführt wurde, ist die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 258 JA. Dann wird in Schritt 260 bestimmt, ob die Rad-Beschleunigung G_w größer ist als der vorbestimmte Wert G_5 . Übrigens ist der vorbestimmte Wert G_5 ein fixer Wert, und es wird zum Beispiel ein Wert von $+2,5G$ oder dergleichen als vorbestimmter Wert G_5 festgesetzt.

Beim Druck-Verstärkungs-Modus wird, da das Bremsmoment erhöht wird, wenn der Zustand der Straßenoberfläche stabil ist, die Rad-Beschleunigung G_w nicht in der positiven Richtung festgesetzt. Folglich ist NEIN die normalerweise erteilte Antwort bei der Bestimmung in Schritt 260, und in Schritt 264 wird die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R in der oben beschriebenen Art und Weise berechnet. Wenn sich jedoch der Zustand der Straßenoberfläche plötzlich verändert hat und ein Wechsel von einer Straßenoberfläche mit einem niedrigen Wert der optimalen Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht (wie eine Schnee-Fahrbahn) zu einer Straßenoberfläche mit einem hohen Wert der optimalen Schlupf-Rate (wie trockener Asphalt) erfolgt ist, erhöht sich sogar beim Druck-Verstärkungs-Modus die Rad-Beschleunigung G_w und der Code wird positiv, ebenso wie bei der Reduktion des Bremsmoments. In einem solchen Fall ist JA die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 260.

08.10.97

Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 160 JA ist, wird in Schritt 262 ein vorbestimmter Wert S_0 , zu dem Korrektur-Betrag S_{C2} addiert, um der oben erwähnten Veränderung des Zustandes der Straßenoberfläche gerecht zu werden. Folglich wird die Korrektur derart vorgesehen, daß der Wert der Soll-Schlupf-Rate S_R groß wird, und die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R wird auf der Grundlage der Soll-Schlupf-Rate S_R , die entsprechend dem veränderten Zustand der Straßenoberfläche korrigiert wurde, berechnet. Folglich ist es sogar in Fällen, in denen sich der Zustand der Straßenoberfläche plötzlich, wie oben beschrieben, verändert hat, möglich, durch Anpassung an eine solche Veränderung einen optimalen Brems-Vorgang vorzusehen.

Die oben beschriebene Steuerung ist in jenen Fällen wirksam, in denen ein Wechsel von einer Straßenoberfläche mit einem niedrigen Wert der optimalen Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, zu einer Straßenoberfläche mit einem hohen Wert der optimalen Schlupf-Rate erfolgt ist. Im umgekehrten Fall jedoch, wenn ein Wechsel von einer Straßenoberfläche mit einem hohen Wert der optimalen Schlupf-Rate, bei dem μ einen Maximalwert erreicht, zu einer Straßenoberfläche mit einem niedrigen Wert der optimalen Schlupf-Rate erfolgt ist, wird im wesentlichen das Bremsmoment entsprechend verringert. Als ein Ergebnis tritt ein Spitzenwert in der positiven Richtung bei der Rad-Beschleunigung G_w als eine Reaktion darauf auf, und eine angemessene Schlupf-Rate wird durch die Steuerung, die in der dritten

Ausführungsvariante beschrieben worden ist, festgesetzt.

Außerdem kann anstelle der Bestimmung in Schritt 260, ob die Rad-Beschleunigung G_w größer als der vorbestimmte Wert G_s ist, bestimmt werden, ob die Rad-Beschleunigung G_w größer als der vorbestimmte Wert G_s ist und ob die Veränderung der Rad-Beschleunigung G_w (im besonderen die Differenz zwischen der Rad-Beschleunigung $G_{w(n-1)}$ während der vorhergehenden Steuerungs-Periode und der Rad-Beschleunigung $G_{w(n)}$ während der allerletzten Steuerungs-Periode) größer als oder gleich groß wie ein vorbestimmter Wert ist, und Schritt 262 kann ausgeführt werden, wenn die Antwort bei der Bestimmung JA ist.

08.10.97

Als nächstes wird eine Beschreibung der sechsten Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung gegeben werden. Da die Anordnung der sechsten Ausführungsvariante ebenfalls im wesentlichen jener der ersten Ausführungsvariante ähnlich ist, erfolgt keine detaillierte Beschreibung. Im folgenden wird mit Bezug auf das Flußdiagramm in der Fig. 15 eine Beschreibung des Modus/Lastverhältnis-Einstellungs-Ablaufes entsprechend der sechsten Ausführungsvariante gegeben werden. Übrigens zeigt das in der Fig. 15 dargestellte Flußdiagramm den Modus/Lastverhältnis-Einstellungs-Ablauf, der anstelle des Verfahrens von Schritt 116 in der Fig. 4 in der sechsten Ausführungsvariante durchgeführt wird.

In Schritt 300 wird ein Verfahren ähnlich dem von Schritt 116 in dem in der Fig. 4 gezeigten Flußdiagramm durchgeführt. Es wird nämlich der Modus entsprechend der Tabelle 1 festgesetzt, wobei die Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R und die Soll-Rad-Beschleunigung G_R mit der Rad-Geschwindigkeit V_W und der Rad-Beschleunigung G_W entsprechend verglichen werden. Gleichzeitig wird das Lastverhältnis derart festgesetzt, daß der Wert höher wird, wenn die Differenz zwischen der Rad-Geschwindigkeit V_W und der Soll-Rad-Geschwindigkeit V_R oder die Differenz zwischen der Rad-Beschleunigung G_W und der Soll-Rad-Beschleunigung G_R größer wird. Wenn zusätzlich der Brems-Schalter 40 nicht eingeschaltet worden ist, wird der Modus unter der Annahme, daß eine Steuerung nicht vorzusehen ist, als üblicher Modus festgesetzt.

In einem nachfolgenden Schritt 302 wird bestimmt, ob die Steuerung des Bremsmoments (Bremskraft) schon ausgeführt worden ist. Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 302 JA ist, schreitet der Arbeitsvorgang zu Schritt 304 fort, um zu bestimmen, ob der zur Zeit festgesetzte Modus der Druck-Halte-Modus ist. Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 302 NEIN ist oder wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 304 JA ist, wird der Modus/Lastverhältnis-Einstellungs-Ablauf zur Festsetzung des Lastverhältnisses ohne jeden weiteren Arbeitsvorgang beendet. Wenn der zur Zeit festgesetzte Modus der Druck-Verstärkungs-Modus oder der Druck-Reduktions-Modus ist, ist die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 304 NEIN, und in Schritt 306 wird bestimmt, ob die allerletzte

08.10.97

Steuerungs-Periode eine Anlauf-Periode der Steuerung gewesen ist, d.h., ob die Steuerung des Bremsdrucks nicht während der vorhergehenden Steuerungs-Periode vorgesehen war und ob die Steuerung des Bremsdrucks während der allerletzten Steuerungs-Periode gestartet worden ist.

Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 306 JA ist, wird in Schritt 308 bestimmt, ob die Soll-Schlupf-Rate S_R , die in dem Programm zur Berechnung der Soll-Rad-Geschwindigkeit berechnet wurde, niedriger als oder gleich hoch wie der vorbestimmte Wert S_L ist. Als der vorbestimmte Wert S_L wird zum Beispiel in einem Fall, in dem die Straßenoberfläche trockener Asphalt ist, ein Wert, der niedriger ist als die Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, festgesetzt. Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 308 JA ist, weil ein niedrigerer Wert als die Soll-Schlupf-Rate S_R festgesetzt worden ist, kann bestimmt werden, daß die Straßenoberfläche die sogenannten Niedrig- μ -Straße ist, bei der die Schlupf-Rate, bei der μ einen Maximalwert erreicht, niedrig ist. In Schritt 310 wird bestimmt, ob der absolute Wert $|GW|$ der Rad-Beschleunigung niedriger ist als ein vorbestimmter Wert G_L .

Wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 310 JA ist, bedeutet das, daß die Steuerungs-Periode keine Anlauf-Periode ist und daß die Straßenoberfläche eine Niedrig- μ -Straße ist und daß der absolute Wert der Rad-Beschleunigung klein ist, so daß bestimmt wird, daß es nicht notwendig ist, die Bremskraft bei hoher Geschwindigkeit zu verändern. In Schritt 312 wird dann ein Schaltschema (siehe Fig. 16B), das mit „ein“ beginnt (Halten des Bremsdrucks) als Betriebsschema für das elektromagnetische Ventil festgesetzt. Wenn jedoch die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 306 JA ist oder wenn die Antwort bei der Bestimmung in Schritt 308 oder 310 NEIN ist, wird bestimmt, daß keine Notwendigkeit besteht, den Bremsdruck bei hoher Geschwindigkeit zu verändern. Daher wird in Schritt 314 für das elektromagnetische Ventil das üblichen Schaltschema festgesetzt, d.h., ein Schaltschema, das mit „ein“ beginnt (siehe Fig. 16A). Im Bremsdruck-Steuerungs-Programm wird die Magnetspule des elektromagnetischen Ventils entsprechend dem in Schritt 312 oder 314 festgesetzten Betriebsschema betrieben.

08.10.97

Die Veränderung des Bremsdrucks zu einem Zeitpunkt, zu dem die oben beschriebene Steuerung ausgeführt wird, wird in der Fig. 17A gezeigt. In der in der Zeichnung dargestellten Kurve der Veränderung des Bremsdrucks zeigen die Impuls-artigen Spitzen, die auf ihrer Oberseite aufscheinen, Erhöhungen der Druckkraft durch die Druck-Verstärkungs-Signale. Die Impuls-artigen Spitzen, die auf der Unterseite erscheinen, zeigen hingegen Reduktionen der Bremskraft durch die Druck-Reduktions-Signale. Wenn diese Zeichnung mit der Fig. 17B verglichen wird, die das Ergebnis der Steuerung entsprechend der konventionellen Steuerung zeigt, wird augenscheinlich, daß die Häufigkeit des Auftretens der Impuls-artigen Spitzen wesentlich reduziert werden kann.

Während dieser Impuls-artigen Spitzen treten Betriebsgeräusche auf, die auf die Stellung der Magnetspule zurückzuführen sind, und es treten auch Betriebsgeräusche auf, die auf eine plötzliche Veränderung des Drucks der Hydraulik-Flüssigkeit (z.B. Brems-Flüssigkeit) in der Brems-Vorrichtung 10 zurückzuführen sind. Daher ist besonders hervorzuheben, daß es die Steuerung entsprechend dieser Ausführungsvariante ermöglicht, die Häufigkeit des Auftretens von Betriebsgeräuschen und dergleichen, die aufgrund des Ein-Aus-Betriebes des elektromagnetischen Ventils 18 erzeugt werden, zu reduzieren und damit Unannehmlichkeiten für den Insassen zu verhindern.

Obwohl in dem oben beschriebenen Verfahren die Fahrzeug-Geschwindigkeit V_{GS} vom Fahrzeug-Boden-Geschwindigkeits-Sensor 38 ermittelt wird, ist die vorliegende Erfindung nicht auf denselben beschränkt, und die Fahrzeug-Geschwindigkeit V_{GS} kann aufgrund einer Schätzung aus der Rad-Geschwindigkeit V_W bestimmt werden. In dem Fall jedoch, in dem die Fahrzeug-Geschwindigkeit V_{GS} aufgrund einer Schätzung bestimmt wird, ist es notwendig, das Verfahren in einer kürzeren Zeitspanne durchzuführen, um die Auswirkung der Fehler auszuschalten, mit dem Ergebnis, daß sich die auf die Steuerung 24 ausgeübte Last erhöht.

Außerdem versteht es sich von selbst, daß die Berechnung unter Verwendung der Beschleunigungs-Differenz V_W als der Rad-Beschleunigung durchgeführt werden kann, wenn auch in der oben beschriebenen Ausführungsvariante die Berechnung

08.10.97

unter Verwendung der Rad-Beschleunigung G_W als Rad-Beschleunigung, bei der die Fahrzeug-Verzögerung G_{GS} zu der Beschleunigungs-Differenz V_W (die in Formel (2) definierte Rad-Beschleunigung) addiert wird, durchgeführt wird.

Weiters ist, obwohl in der oben beschriebenen Ausführungsvariante die Veränderung des Straßenoberflächen-reaktiven Drehmoments (und μ) aus der Rad-Beschleunigung ermittelt wird, um genau zu sein, die Rad-Beschleunigung (d.h. die Beschleunigungs-Differenz V_W) proportional der Differenz zwischen dem Straßenoberflächen-reaktiven Drehmoment und dem Bremsmoment, wie aus Formel (2) ersichtlich ist. Folglich nimmt die Genauigkeit des Schätzwertes des Straßenoberflächen-reaktiven Drehmoments (und μ) ab, wenn sich das Bremsmoment verändert. Obwohl in der oben beschriebenen Ausführungsvariante die Soll-Schlupf-Rate S_R aus der Rad-Beschleunigung bestimmt wird, wobei angenommen wird, daß die Veränderung des Bremsmoments ausreichend klein ist, kann das Bremsmoment durch Ermittlung des hydraulischen Drucks in der Brems-Vorrichtung und die Soll-Schlupf-Rate S_R unter Verwendung dieses Bremsmoments bestimmt werden, wenn die Notwendigkeit besteht, den Zustand der Straßenoberfläche genauer zu schätzen.

Eine Schlupf-Rate wird berechnet zu einem Zeitpunkt, zu dem eine Rad-Verzögerung entsprechend der Differenz zwischen dem Straßenoberflächen-reaktiven Drehmoment und dem Bremsmoment größer als oder gleich groß wie ein vorbestimmter Wert geworden ist, der auf der Basis einer Fahrzeug-Verzögerung festgesetzt wird. Es wird ein errechnetes Ausmaß der Verschiebung zwischen der berechneten Schlupf-Rate, die auf der Grundlage der Rad-Verzögerung berechnet wurde, und einer Soll-Schlupf-Rate, bei der ein Koeffizient der Bremsreibung einen Maximalwert erreicht, berechnet. Eine Rad-Geschwindigkeit bei der Soll-Schlupf-Rate wird als eine Soll-Rad-Geschwindigkeit auf der Grundlage der berechneten Schlupf-Rate, des berechneten Ausmaßes der Verschiebung und der Fahrzeug-Geschwindigkeit berechnet. Dann wird das Bremsmoment des Rades derart gesteuert, daß die Rad-Geschwindigkeit gleich der Soll-Rad-Geschwindigkeit wird.

PATENTANSPRÜCHE

1. Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung, die einen Sensor zur Ermittlung der Fahrzeug-Geschwindigkeit aufweist, umfassend:

 einen Sensor (36A bis 36D) zur Ermittlung der Rad-Geschwindigkeit (V_W);

 ein erstes Berechnungs-Mittel (24) zur Berechnung einer Schlupf-Rate (S), die zu einem Zeitpunkt besteht, zu dem eine Rad-Verzögerung, die auf der Basis einer Rad-Geschwindigkeit (V_W) ermittelt worden ist, größer als oder gleich groß wie ein vorbestimmter Wert geworden ist, der auf der Basis einer Fahrzeug-Verzögerung festgesetzt wurde, und

 ein Steuerungs-Mittel (24) zur Steuerung einer Bremskraft derart, daß die Rad-Geschwindigkeit gleich einer berechneten Soll-Rad-Geschwindigkeit (V_R) wird, gekennzeichnet dadurch, daß sie umfaßt:

 ein zweites Berechnungs-Mittel (24) zur Berechnung eines Ausmaßes der Verschiebung (S_{C1}), das einen Ausgleich darstellt zwischen der Schlupf-Rate (S), die mit Hilfe des erwähnten ersten Berechnungs-Mittels (24) berechnet wurde, und einer Soll-Schlupf-Rate (S_R) auf der Basis von mindestens einer Rad-Verzögerung und der Fahrzeug-Verzögerung, und

 ein drittes Berechnungs-Mittel (24) zur Berechnung der Rad-Geschwindigkeit bei der Soll-Schlupf-Rate (S_R) als die vorher erwähnte Soll-Rad-Geschwindigkeit (V_R) auf der Basis der mit dem ersten Berechnungs-Mittel (24) berechneten Schlupf-Rate (S), des Ausmaßes der Verschiebung (S_{C1}), das mit dem erwähnten zweiten Berechnungs-Mittel (24) berechnet wurde und einer Fahrzeug-Geschwindigkeit (V_{GS}).

2. Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung entsprechend Anspruch 1, wobei das erwähnte zweite Berechnungs-Mittel (24) das Ausmaß

08.10.97

der Verschiebung (S_{c1}) auf der Basis einer Größe der Rad-Beschleunigung (G_w) berechnet, die während einer Zeitspanne ab dem Zeitpunkt, zu dem die Rad-Verzögerung der vorbestimmte Wert wurde, der entsprechend der Fahrzeug-Verzögerung festgesetzt wurde, besteht.

3. Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung gemäß Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß sie weiters umfaßt:

Bestimmungs-Mittel (24) zur Bestimmung, ob bei der Rad-Beschleunigung (G_w) eine Vibrations-Veränderung aufgetreten ist, und

ein Schlupf-Raten-Berechnungs-Mittel (24) zur Berechnung der Schlupf-Rate (S), die besteht, wenn die Rad-Beschleunigung (G_w) einen Maximalwert erreicht hat, wobei das erwähnte dritte Berechnungs-Mittel (24) die Soll-Rad-Geschwindigkeit (V_R) berechnet, indem es als Soll-Schlupf-Rate die Schlupf-Rate (S) festsetzt, die von dem erwähnten Schlupf-Raten-Berechnungs-Mittel (24) berechnet wurde, wenn von dem erwähnten Bestimmungs-Mittel (24) bestimmt wird, daß die Vibrations-Veränderung bei der Rad-Beschleunigung (G_w) aufgetreten ist.

4. Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung gemäß Anspruch 1, , gekennzeichnet dadurch, daß sie weiters umfaßt:

ein erstes Korrektur-Mittel (24) zum Korrigieren des Ausmaßes der Verschiebung (S_{c1}) auf der Basis einer Größe der Fahrzeug-Verzögerung, die während einer vorbestimmten Zeitdauer besteht, während der das erwähnte Steuerungs-Mittel (24) die Bremskraft reduziert, wobei das erwähnte dritte Berechnungs-Mittel (24) als die Soll-Rad-Geschwindigkeit (V_R) die Rad-Geschwindigkeit bei der Soll-Schlupf-Rate auf der Basis der durch das vorher erwähnte erste Berechnungs-Mittel (24) berechneten Schlupf-Rate (S), des korrigierten Ausmaßes der Verschiebung und der Fahrzeug-Geschwindigkeit (G_G) berechnet.

5. Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung gemäß Anspruch 1, , gekennzeichnet dadurch, daß sie weiters umfaßt:

ein zweites Korrektur-Mittel (24) zum Korrigieren des Ausmaßes der Verschiebung (S_{c1}) derart, daß sich das Ausmaß der Verschiebung erhöht, wenn die Rad-Beschleunigung, die nach

08.10.97

Überschreiten einer vorbestimmten Zeitspanne ab dem Zeitpunkt besteht, zu dem eine Erhöhung der Bremskraft durch das erwähnte Steuerungs-Mittel (24) begonnen wird, größer als oder gleich groß wie ein vorbestimmter Wert ist, wobei das vorher erwähnte dritte Berechnungs-Mittel die Rad-Geschwindigkeit (V_w) bei der Soll-Schlupf-Rate berechnet, und zwar auf der Basis der von dem erwähnten ersten Berechnungs-Mittel berechneten Schlupf-Rate, des korrigierten Ausmaßes der Verschiebung und der Fahrzeug-Geschwindigkeit (V_{Gs}).

6. Anti-Blockier-Steuerungs-Einrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch:

eine Brems-Vorrichtung (10), die ein elektromagnetisches Ventil (18A bis 18D) zur Regulierung eines Flüssigkeits-Drucks aufweist, der auf das Rad auszuüben ist, welche Brems-Vorrichtung (10) derart ausgebildet ist, daß sie mit Hilfe des Flüssigkeits-Drucks eine Bremskraft auf das Rad ausübt; und

ein Steuerungs-Mittel (24) zum Ein- und Ausschalten des erwähnten elektromagnetischen Ventils (18A bis 18D), zur Steuerung der Bremskraft durch Veränderung des Flüssigkeits-Drucks durch Verändern eines Lastverhältnisses des Ein-Aus-Betriebes und, falls es nicht erforderlich ist, die Bremskraft bei hoher Geschwindigkeit zu verändern, wenn der Flüssigkeits-Druck erhöht oder reduziert wird, zum Ein- und Ausschalten des erwähnten elektromagnetischen Ventils nach einem Schaltschema, das mit „aus“ beginnt, um die Bremskraft derart zu steuern, daß die Rad-Geschwindigkeit (V_w) gleich der Soll-Rad-Geschwindigkeit (V_R) wird, die durch das vorher erwähnte dritte Berechnungs-Mittel (24) berechnet wurde.

FIG.1A

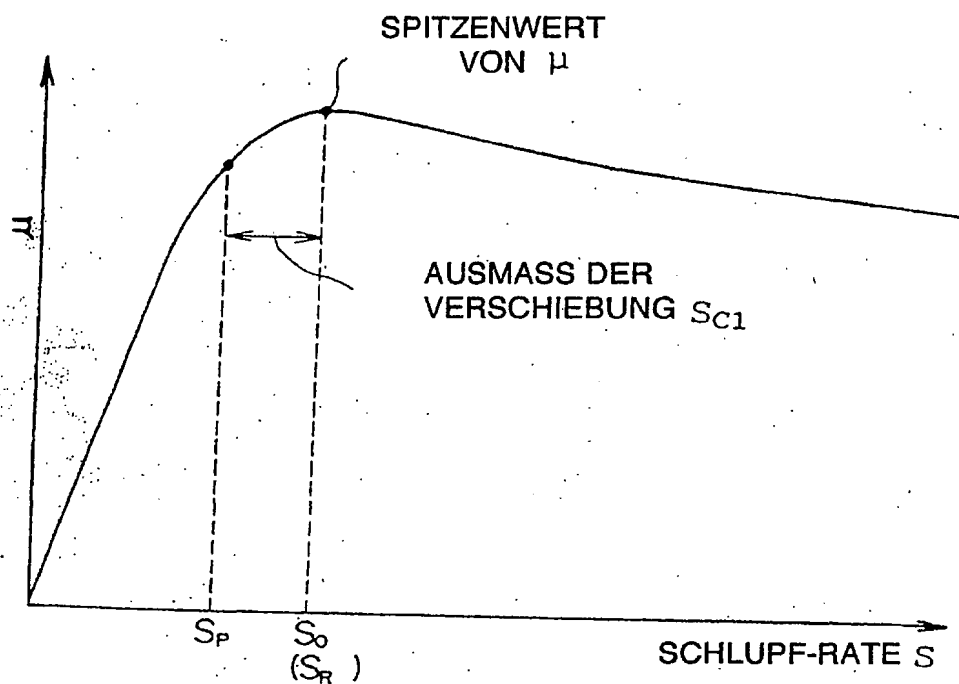


FIG.1B

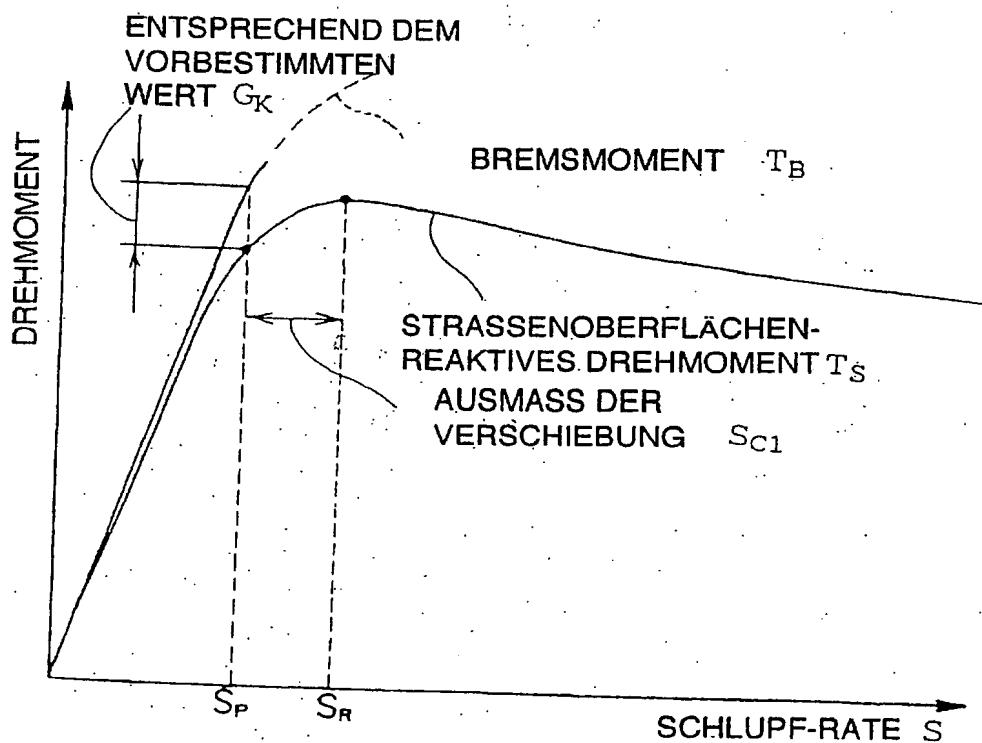


FIG.2A

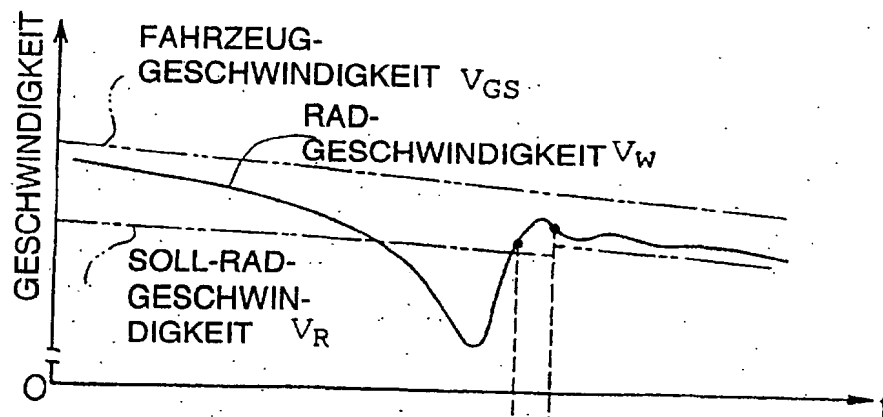


FIG.2B

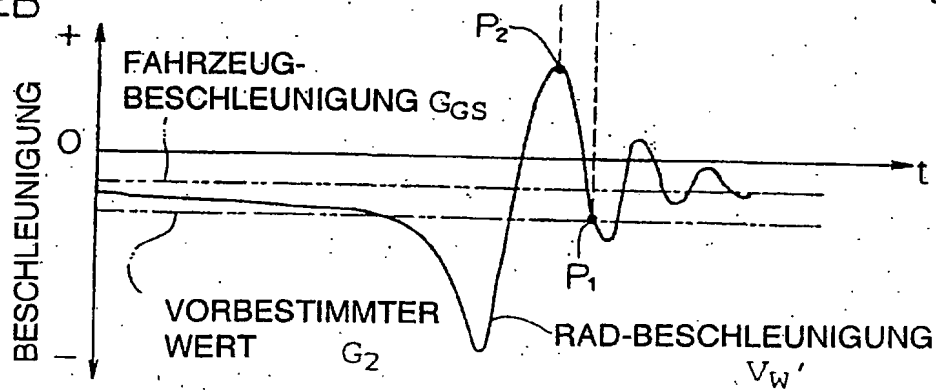
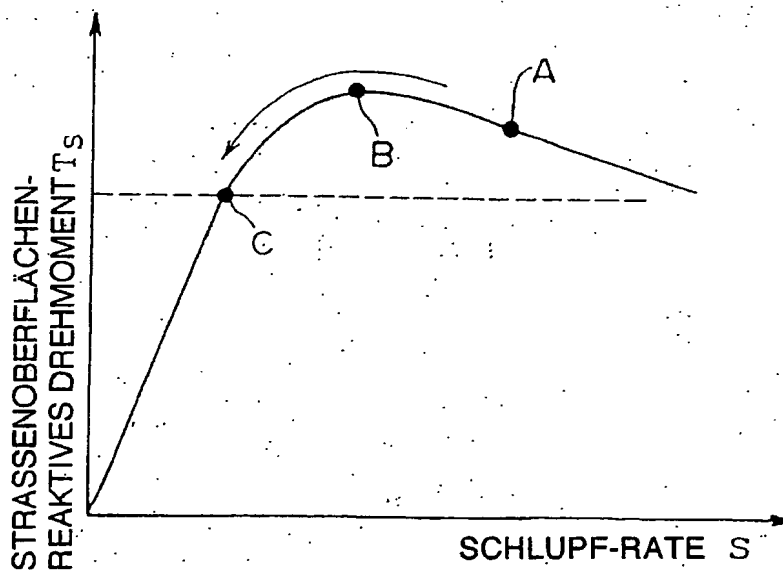


FIG.2C



08.10.97

FIG.3

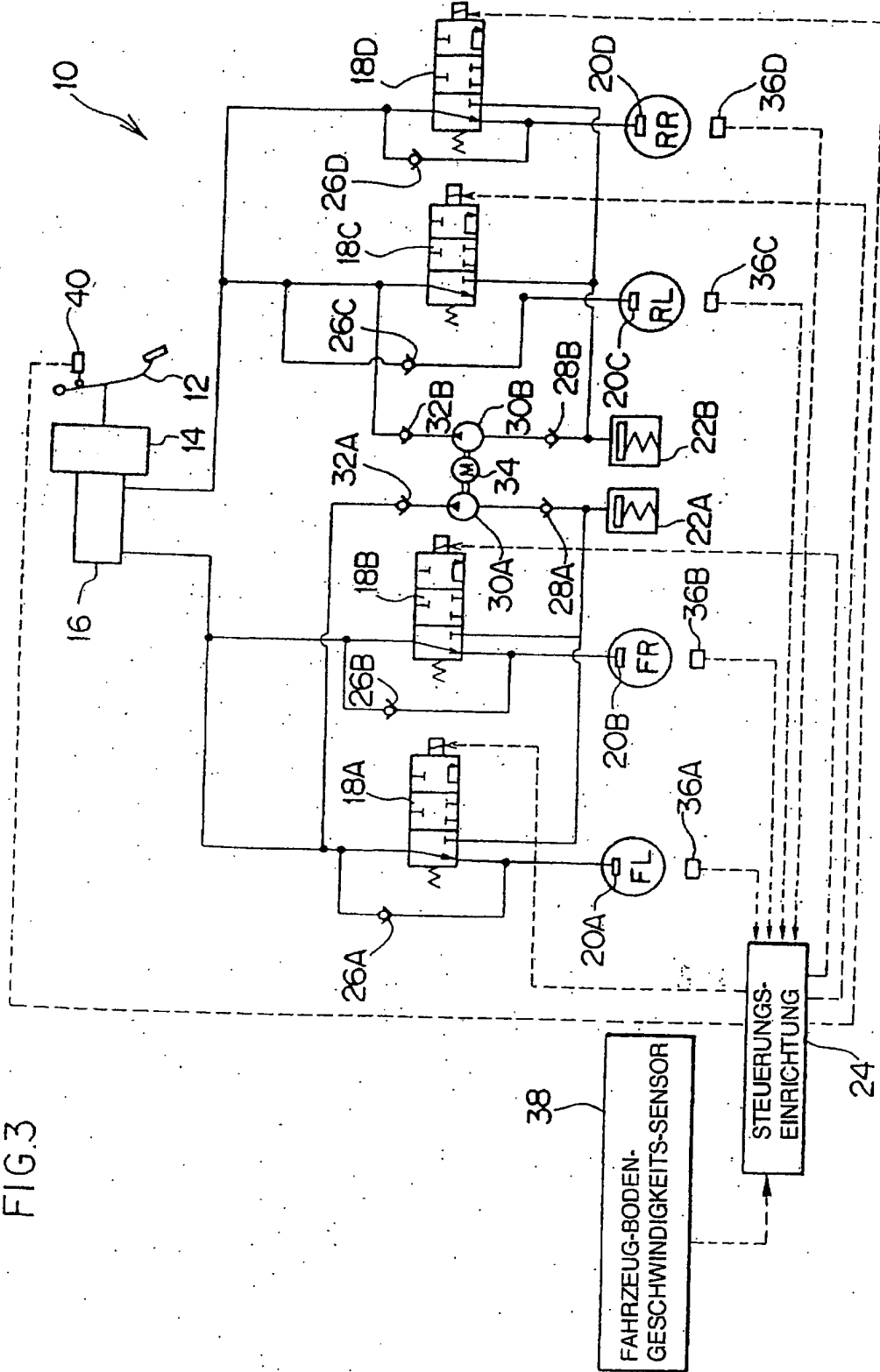


FIG.4

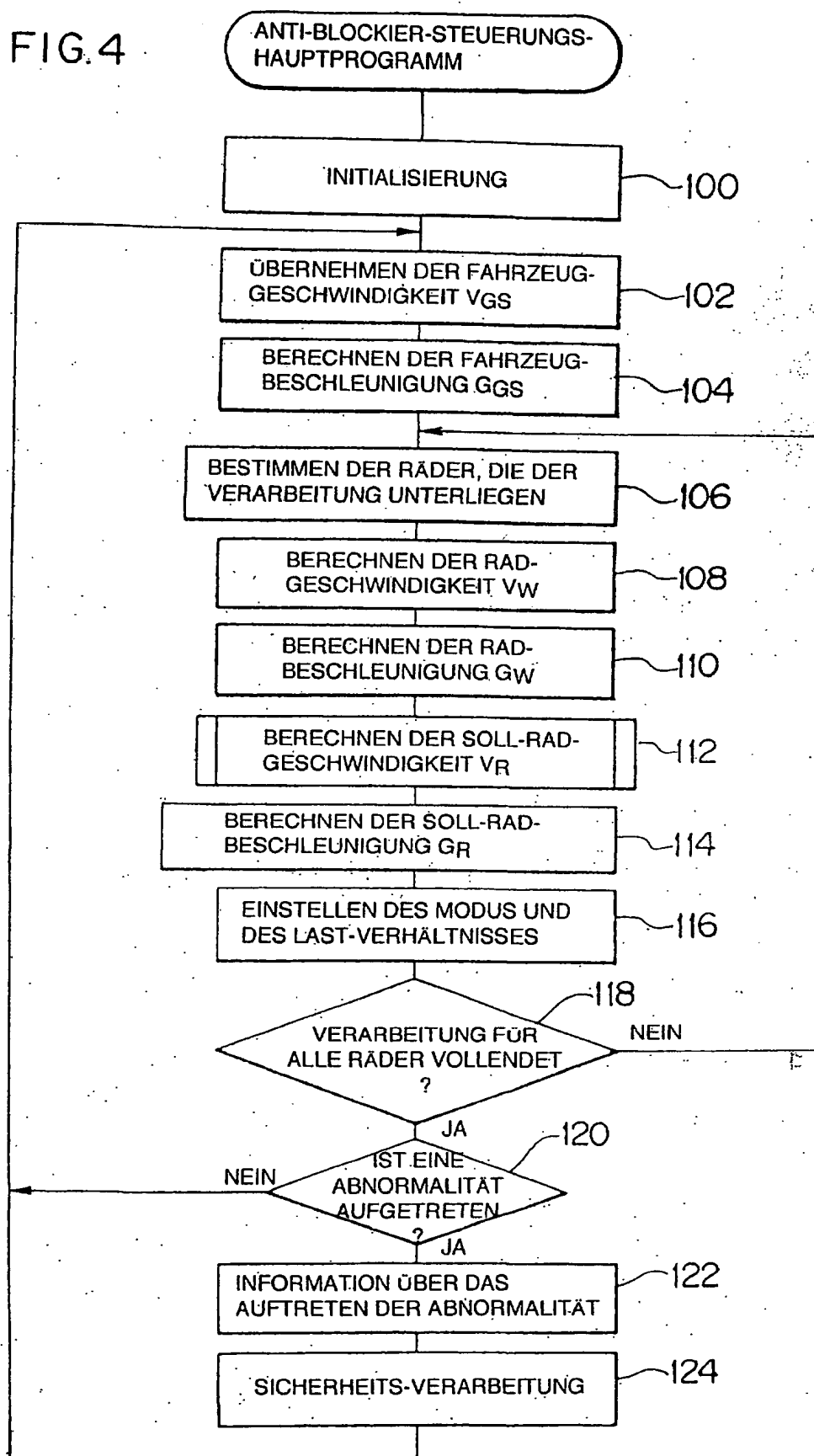
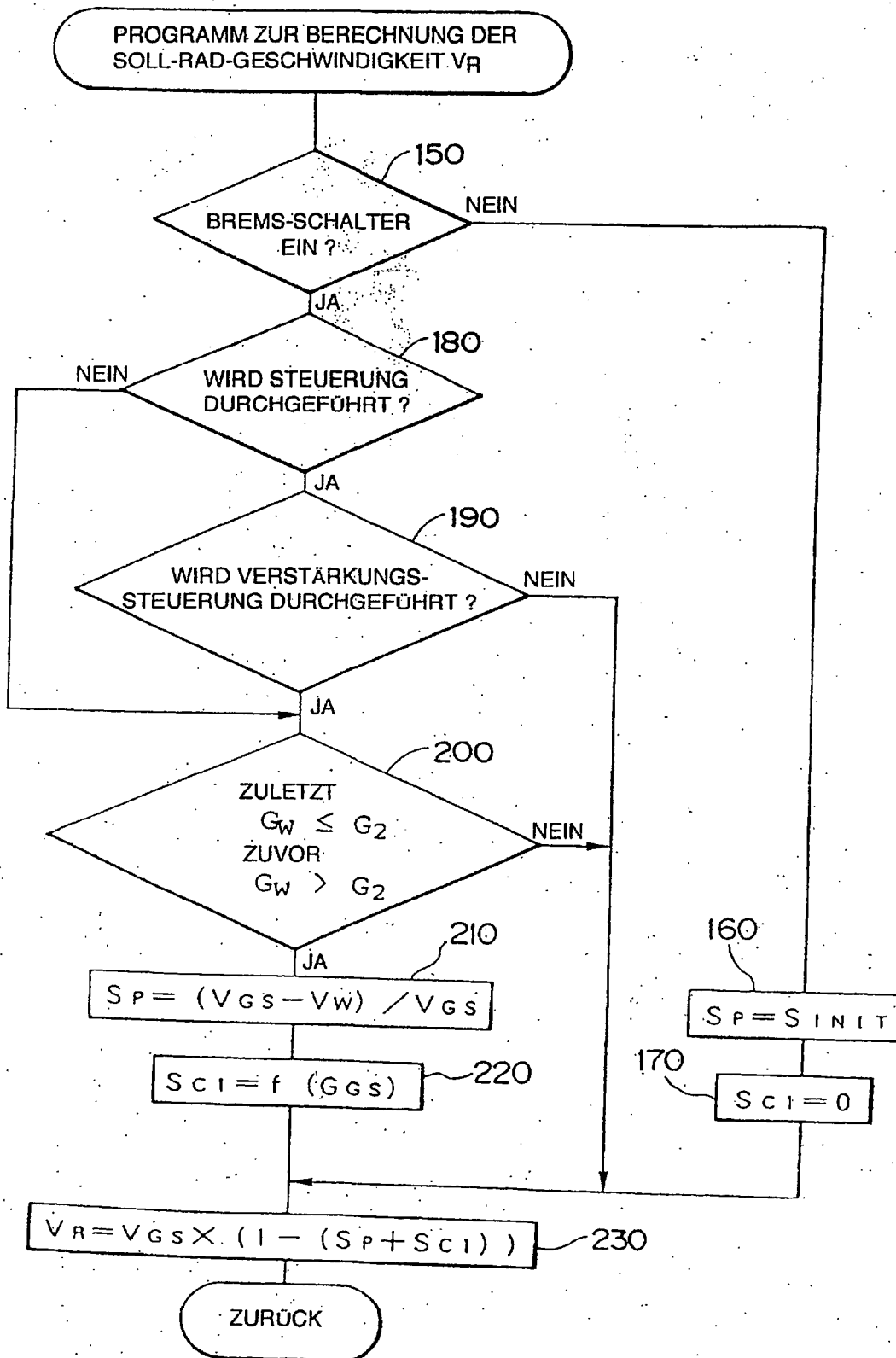


FIG. 5



08.10.97

6/18

FIG.6

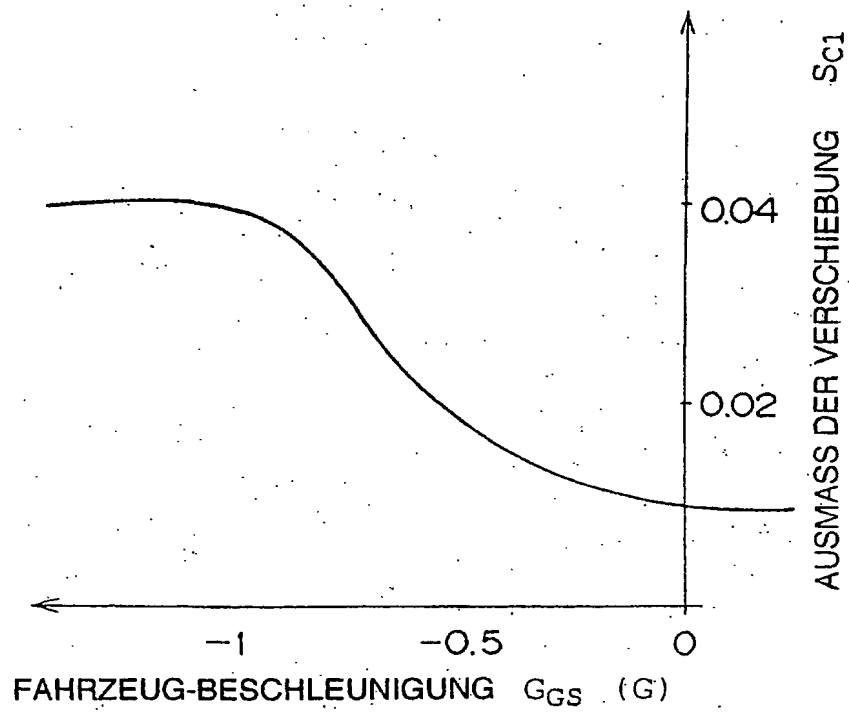
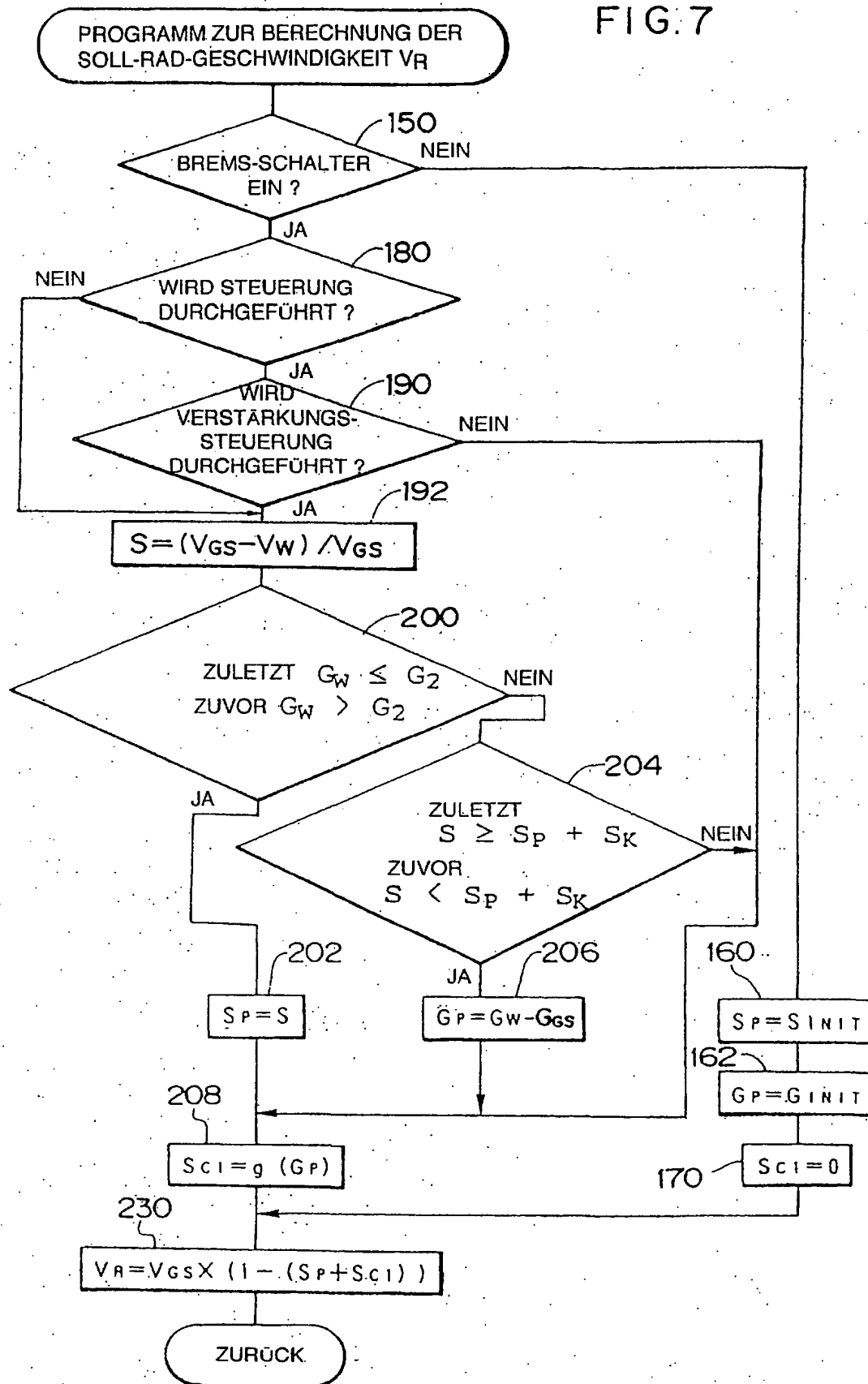


FIG. 7



08.10.97

8/18

FIG. 8

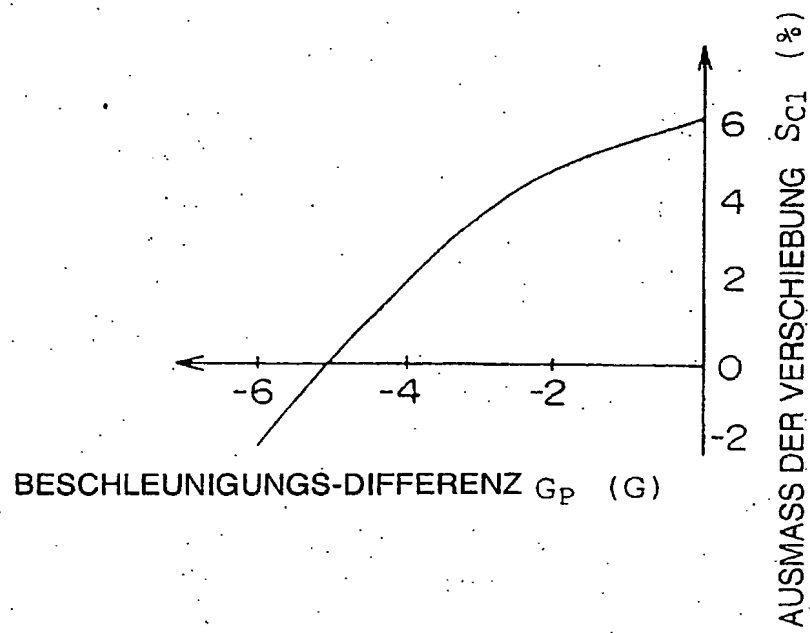


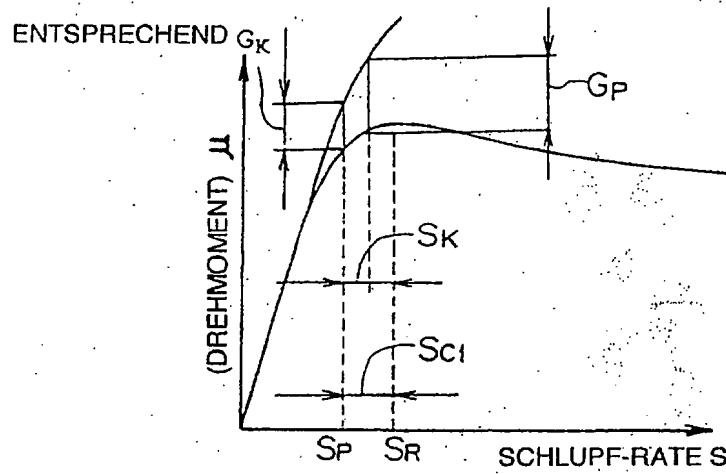
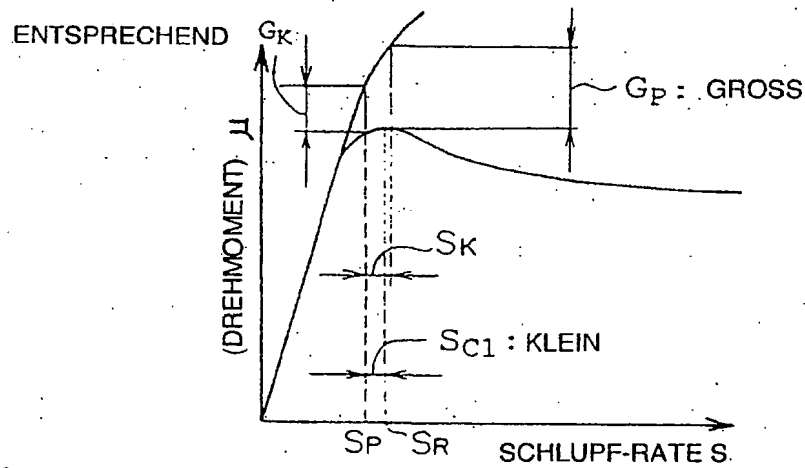
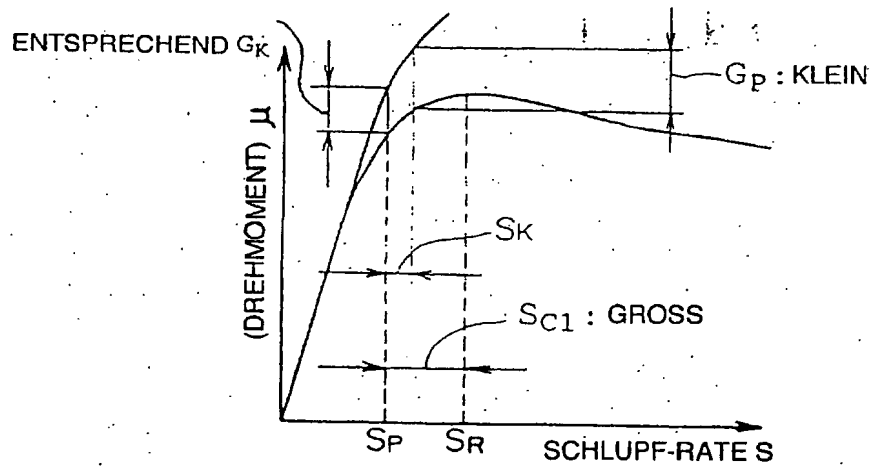
FIG.9A ALLGEMEINE μ -S KENNLINIEFIG.9B STEILE μ -S KENNLINIEFIG.9C FLACHE μ -S KENNLINIE

FIG. 10

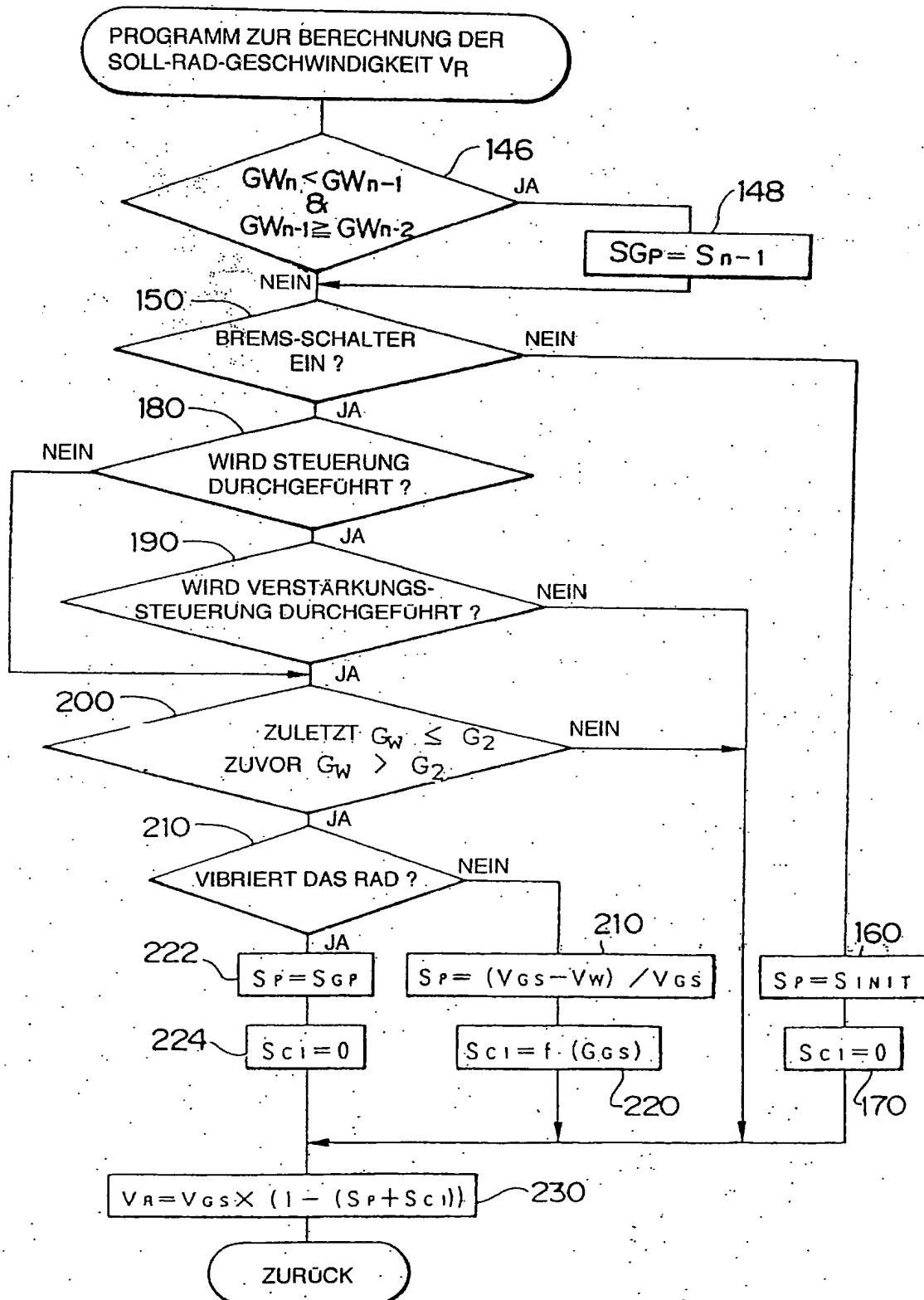
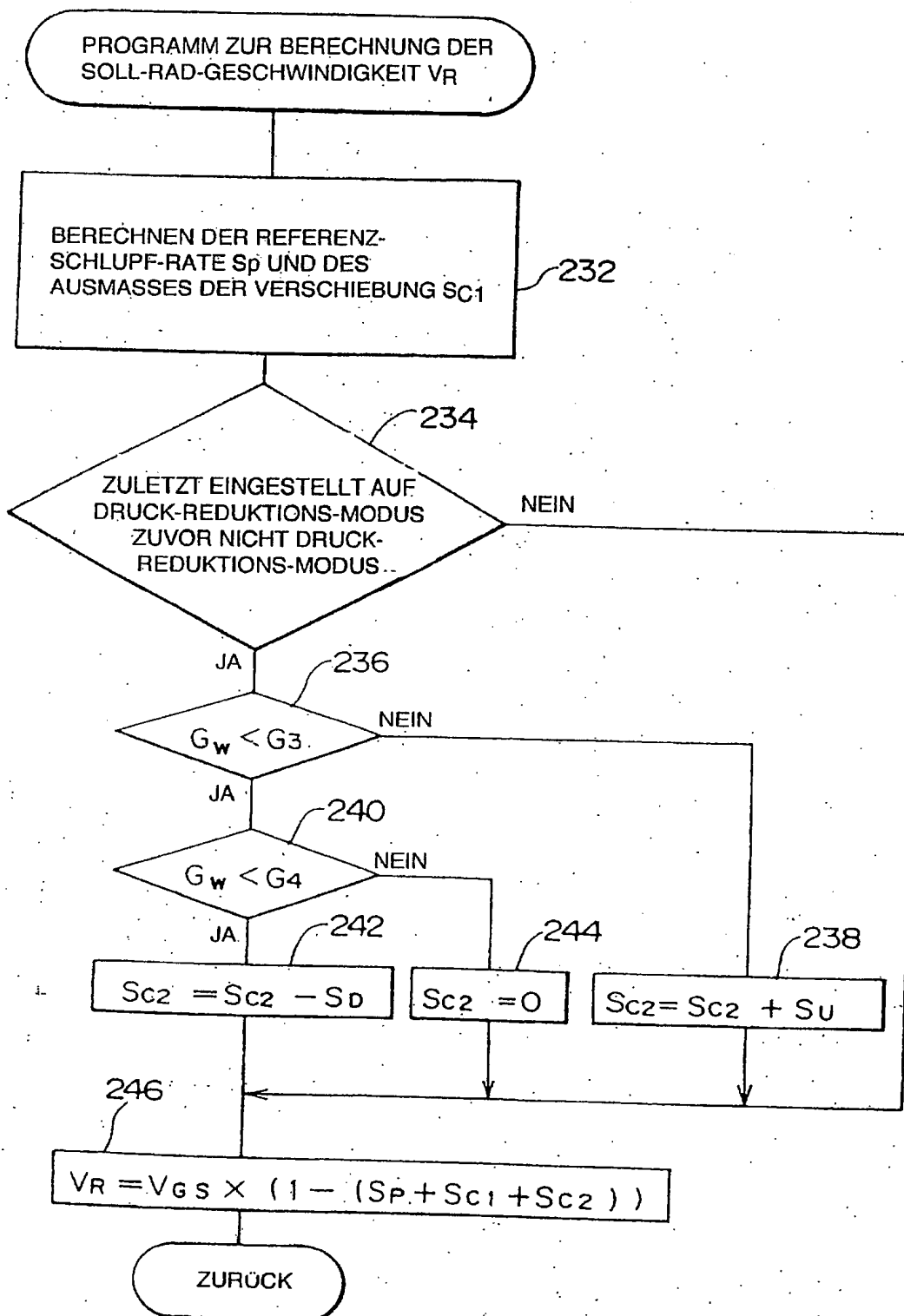


FIG. 11



08.10.97

12 / 18

FIG.12A

SOLL-SCHLUPF-RATE S_R : GEEIGNET

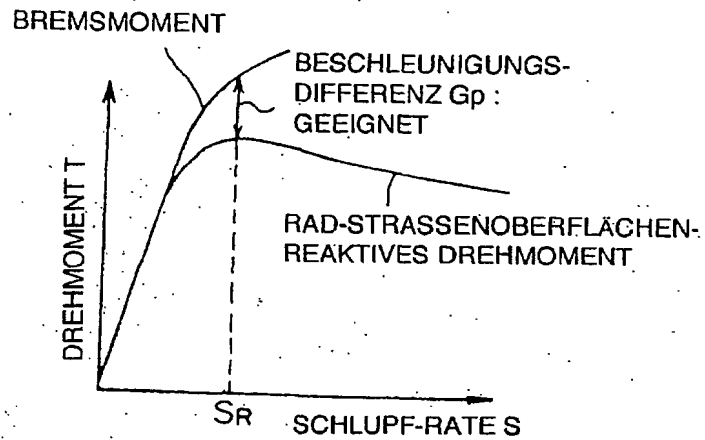


FIG.12B

SOLL-SCHLUPF-RATE S_R : ÜBERMÄSSIG KLEIN

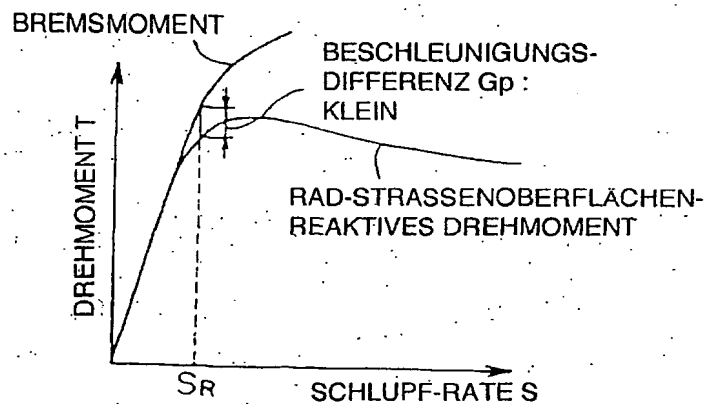
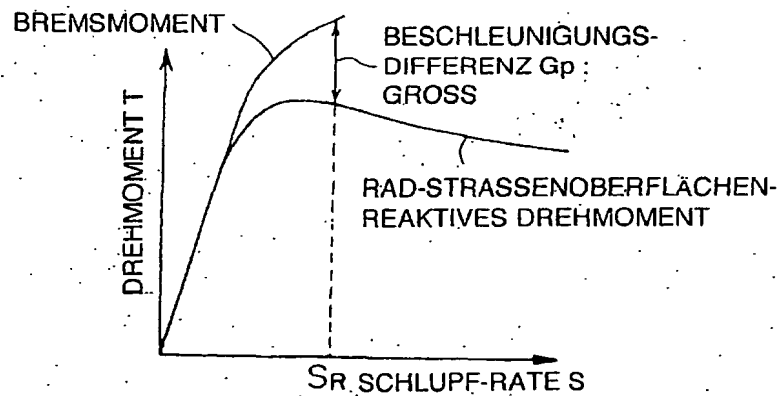


FIG.12C

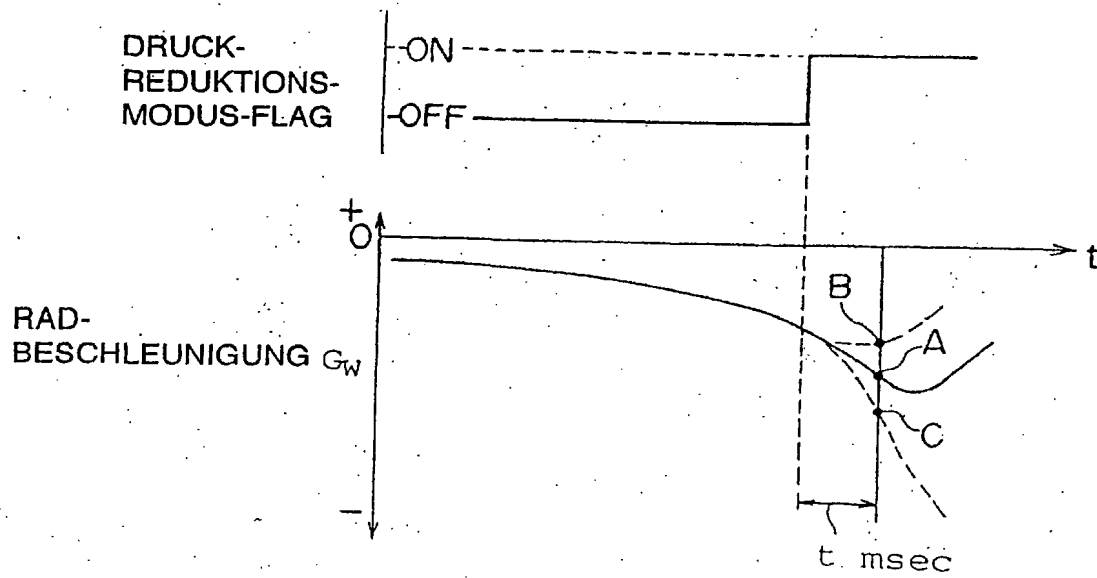
SOLL-SCHLUPF-RATE S_R : ÜBERMÄSSIG GROSS



08.10.97

13 / 18

FIG.13



08.10.97

14 / 18

FIG.14

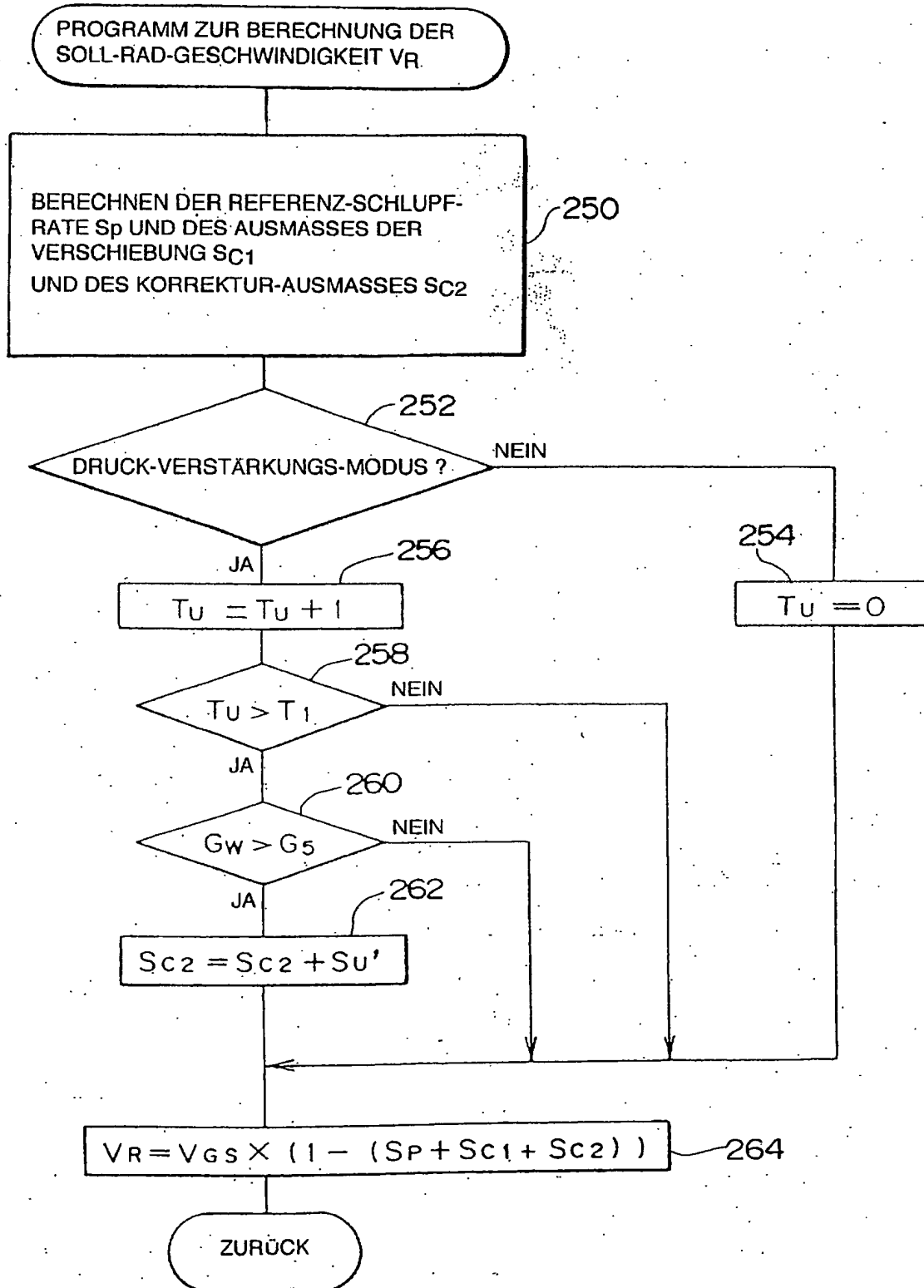


FIG.15

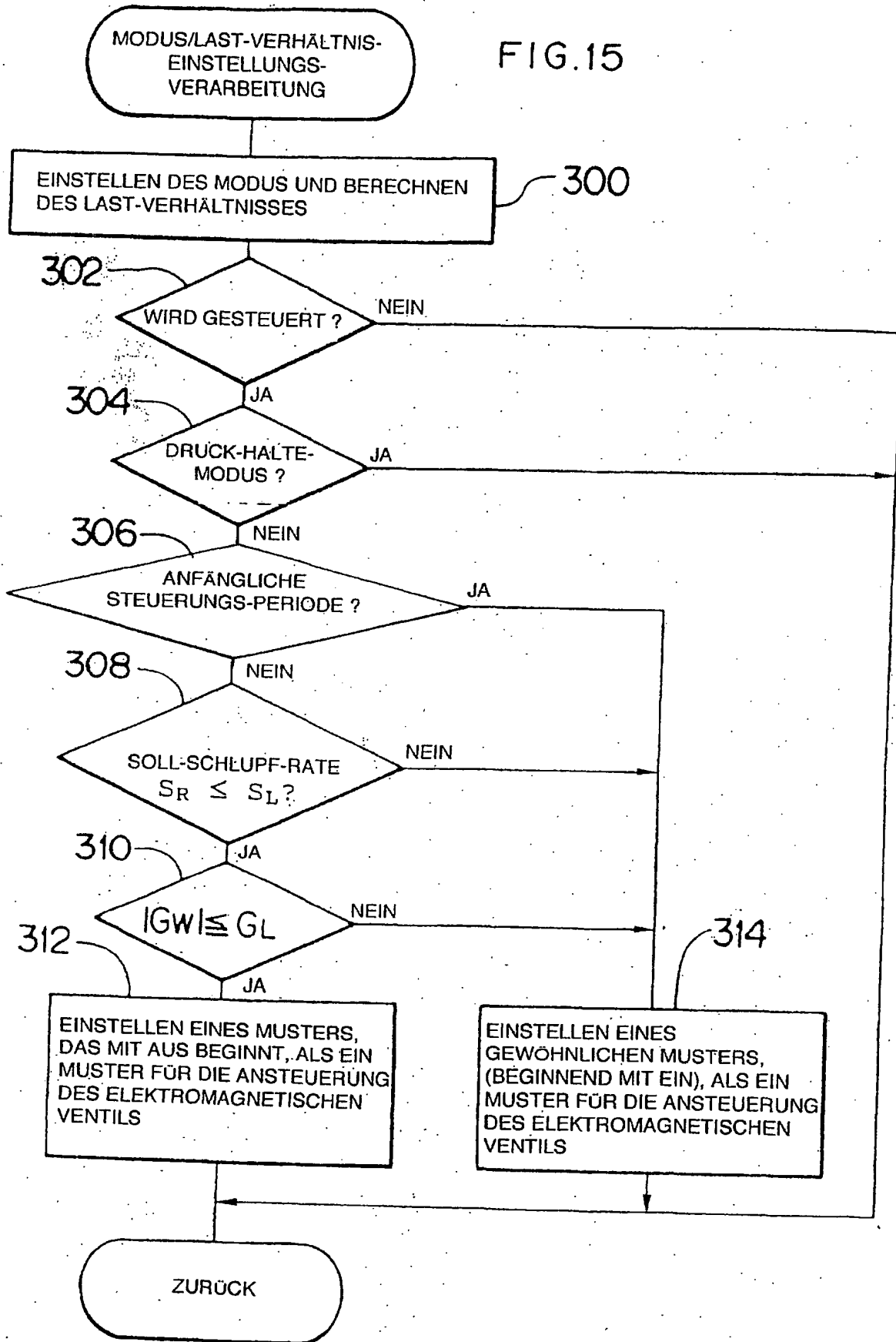


FIG.16B

START DES DRUCK-VERSTÄRKUNGS-MODUS

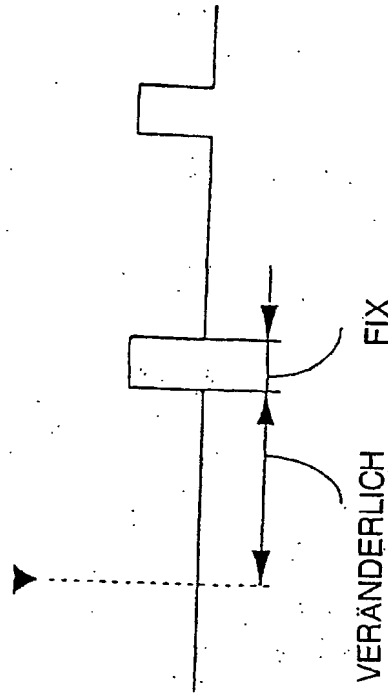


FIG.16A

START DES DRUCK-VERSTÄRKUNGS-MODUS

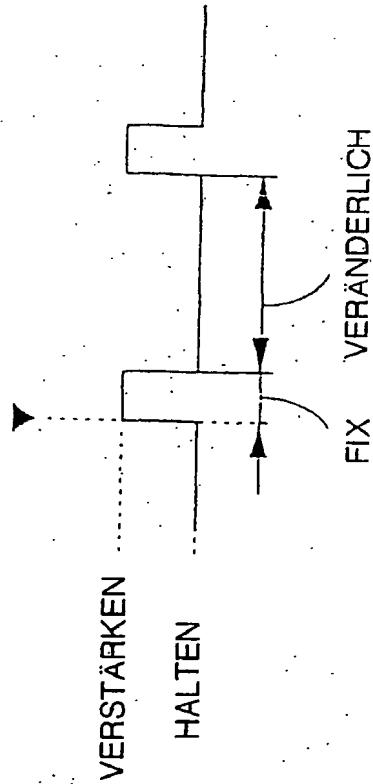


FIG.17A

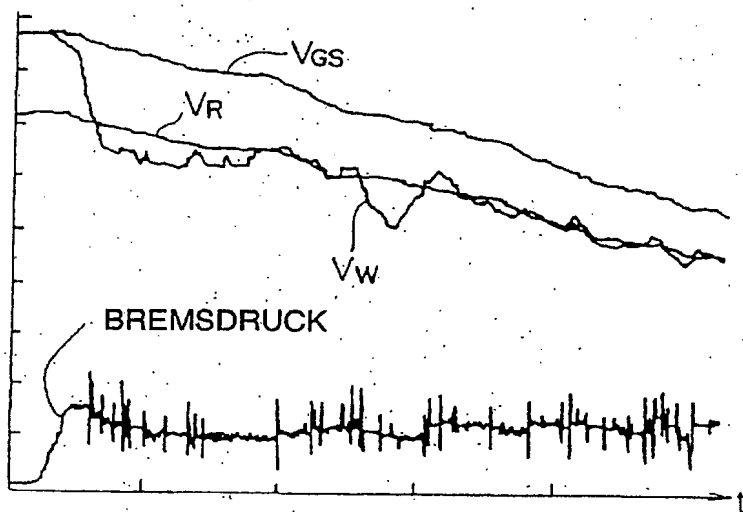
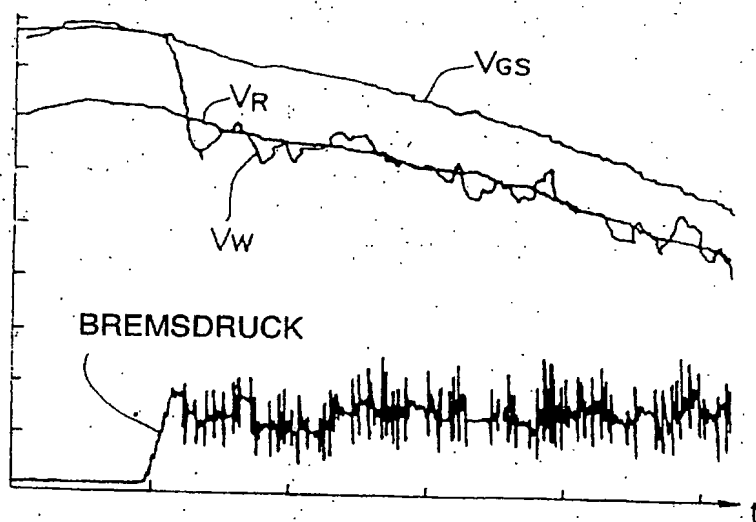
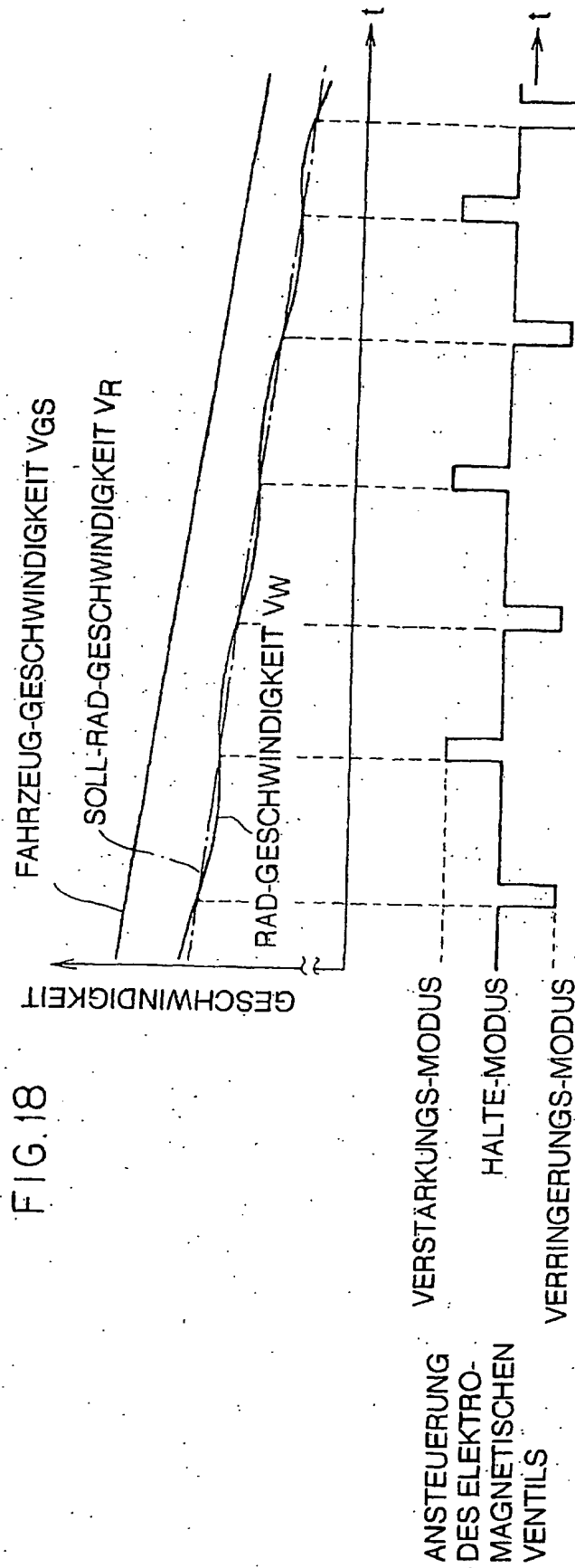


FIG.17B



08.10.97

18 / 18



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)